

Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo proveniente de fábricas ubicadas en la zona norte del departamento del Valle del Cauca en Colombia

Tesis de grado para optar por el título de

INGENIERO CIVIL

DUVAN ANDRES PUENTES CASSAB

Marzo de 2021

Directores de tesis

KARLA KARINA ROMERO VALDEZ. PhD

Escuela de Ingeniería de Mazatlán, Universidad Autónoma de Sinaloa

HERNANDO CABRERA HERNÁNDEZ M.I.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de la Costa



ESCUELA DE INGENIERÍA DE MAZATLÁN
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y
AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE LA COSTA

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre Martha Cassab, quien ha sido la mayor muestra de amor que

Dios ha tenido hacia mí.

Agradecimientos

Principalmente a Dios, por permitirme cumplir unos de mis objetivos, y ser mi mayor guía espiritual.

Agradezco a mi madre Martha Cassab, a mis hermanos Martha, Jesús y Viviana, por el amor y apoyo que me brindan constantemente.

Por último, a mis tutores Karla Romero y Hernando Cabrera, con quienes desarrollé este tema, y me guiaron con paciencia y dedicación.

Resumen

La producción de materiales de la construcción debe seguir unos parámetros de calidad mínimo que permitan garantizar su correcto funcionamiento en las obras. Por esto, existe la necesidad de establecer procesos de control que demuestren la durabilidad y el cumplimiento normativo de los materiales, con el fin de validar sus propiedades y ser usados sin ningún inconveniente. Sin embargo, dichos procesos de fabricación pueden variar, dependiendo de los métodos que cada empresa aplique y los materiales que implementen, lo que puede provocar posibles diferencias representativas entre los resultados de los ensayos de los materiales al compararse entre sí. La presente investigación tiene como finalidad realizar un análisis comparativo de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo, procedentes de un conjunto de ladrilleras de producción a pequeña escala, ubicadas en el norte del departamento del Valle del Cauca - Colombia, en relación con los parámetros de calidad establecidos en la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205), mediante la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas entre las cuales tenemos la determinación de la masa, módulo de rotura, resistencia a la compresión, absorción de agua, medición del tamaño y medición de alabeo; tomando como base los lineamientos establecidos por la Norma Técnica Colombiana (NTC 4017).

Palabras Claves: Ladrillos de Arcilla, Propiedades físicas y Mecánicas, Perforación horizontal, Macizos.

Abstract

The production of construction materials must follow minimum quality parameters to ensure proper operation in the works. For this reason, there is a need to establish control processes that demonstrate the durability and compliance of the materials, so validate their properties and be used without any inconvenience. However, such manufacturing processes may vary, depending on the methods each company applies and the materials they implement, which can cause possible representative differences between the results of the material tests when compared to each other. The purpose of this research is to carry out a comparative analysis of clay bricks as a constructive element, coming from a set of small-scale production bricks, located in the north of the department of Valle del Cauca - Colombia, in relation to the quality parameters established in the Norma Técnica Colombiana (NTC 4205), by evaluating the physical and mechanical properties among which we have the determination of the mass, breakage module, compression resistance, water absorption, size measurement and roll measurement; based on the guidelines established by the Norma Técnica Colombiana (NTC 4017).

Keywords: Clay Bricks, Physical and Mechanical Properties, Horizontal Drilling, Massifs.

Tabla de contenido

Capítulo 1. Construcción del objeto de estudio.....	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Objetivos	8
1.2.1. Objetivo general	8
1.2.2. Objetivos específicos	8
1.3. Justificación.....	9
1.4. Hipótesis.....	11
Capítulo 2. Marco teórico.....	12
2.1. Usos de los ladrillos de arcilla	12
2.1.1. Muros estructurales en mampostería.....	13
2.1.2. Muros divisorios en mampostería	19
2.2. Materiales principales de los ladrillos de arcilla	19
2.3. Arcilla.....	19
2.3.1. Composición química y mineralógica de las arcillas	19
2.3.2. La plasticidad en arcillas	20
2.4. Ladrillo de arcilla	20
2.4.1. Proceso constructivo de los ladrillos de arcilla	21
2.4.2. Tipos de ladrillos de arcilla	24
2.4.3. Propiedades físicas de los ladrillos de arcilla.....	26

2.4.4. Propiedades mecánicas de los ladrillos de arcilla	30
2.5. Producción de ladrillos de arcilla	32
2.6. Ensayos aplicables para la evaluación de calidad	36
2.6.1. Muestreo.....	37
2.6.2. Determinación de la masa	38
2.6.3. Módulo de rotura.....	39
2.6.4. Resistencia a la compresión	40
2.6.5. Absorción de agua.....	43
2.6.6. Medición dimensional	44
2.6.7. Medición de alabeo	45
Capítulo 3. Metodología.....	47
3.1. Técnica de investigación documental	47
3.2. Técnica de observación	48
3.3. Selección y extracción de muestras.....	48
3.4. Experimentación	50
3.5. Tratamiento y procesamiento de datos.....	51
3.6. Elaboración de informe final.....	51
Capítulo 4. Discusión de resultados	52
4.1. Resultados obtenidos de los ladrillos con perforación horizontal (PH).....	52

4.1.1. Ladrillera D	52
4.1.2. Ladrillera E.....	64
4.1.3. Ladrillera F.....	76
4.1.4. Ladrillera G	87
4.2. Resultados obtenidos de los ladrillos macizos	98
4.2.1. Ladrillera A	98
4.2.2. Ladrillera B	109
4.2.3. Ladrillera C	121
4.3. Consolidación de datos	133
Capítulo 5. Conclusiones.....	141
Capítulo 6. Recomendaciones	143
Capítulo 7. Bibliografía.....	144
Capítulo 8. Anexos	165
8.1. Identificación de muestras.....	165
8.2. Determinación de la masa	166
8.2.1. Ladrillos con perforación horizontal	166
8.2.2. Ladrillos macizos	173
8.3. Módulo de rotura.....	179
8.3.1. Ladrillos con perforación horizontal	179
8.3.2. Ladrillos macizos	183

8.4. Resistencia a la compresión	186
8.4.1. Ladrillos con perforación horizontal	186
8.4.2. Ladrillos macizos	191
8.5. Absorción de agua.....	195
8.5.1. Ladrillos con perforación horizontal	195
8.5.2. Ladrillos macizos	200
8.6. Medición dimensional.....	204
8.6.1. Ladrillos con perforación horizontal	204
8.6.2. Ladrillos macizos	214
8.7. Medición de alabeo	222
8.7.1. Ladrillos con perforación horizontal.....	222
8.7.2. Ladrillos macizos	231
8.8. Presupuesto.	238

Introducción

El sector de la construcción es uno de los mayores impulsores de la economía en Colombia, este se considera un propulsor del crecimiento y el desarrollo nacional (El País, 2015); al lograr consolidarse este sector, incurre en beneficios en el Producto Interno Bruto del país (PIB) lo cual representa la posibilidad para miles de ciudadanos y empresas, de invertir en vivienda o espacios rentables dedicados al comercio y los emprendimientos.

Los principales atributos del sector inmueble y las constructoras de viviendas, oficinas, comercios, centros de servicio, obras y otro tipo de edificaciones, son el dinamismo y el carácter reactivador que le aportan a la economía global.

Bajo esta perspectiva es importante enfatizar en que las obras civiles deben ser capaces de responder correctamente a los requerimientos de diseño establecidos tanto en términos de seguridad como económicos, garantizando de esta manera el correcto funcionamiento durante su vida útil.

Por tal motivo, es fundamental que los componentes de los elementos estructurales de un proyecto constructivo puedan ser capaces de soportar las distintas cargas a las cuales estarán expuestas y, así mismo, cumplir con la funcionalidad que rige el diseño de la edificación.

En lo particular, esta investigación puntualiza en los ladrillos de arcilla como objeto de estudio: un material de construcción que es un elemento constitutivo de los muros, que en su función estructural permiten la división de espacios y la transferencia de las fuerzas a otros elementos para lograr la estabilidad de la edificación. Con base en esto, la presente investigación pretende efectuar un diagnóstico comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de dichos ladrillos.

Para este análisis, se llevó a cabo un proceso de experimentación sujeto a los criterios de calidad acorde a lo estipulado en términos de unidades de mampostería de arcilla cocida, que contempla la Norma Técnica Colombiana. Este proceso se basó en ensayos de laboratorio realizados a especímenes provenientes de ladrilleras ubicadas en el norte del departamento del Valle del Cauca (Colombia), específicamente el municipio de Cartago, debido a que este municipio es uno de los principales fabricantes de ladrillos de arcilla en la zona del eje cafetero.

La presente tesis estará estructurada en 10 capítulos, distribuidos de la siguiente manera:

El capítulo 1 conforma la construcción del objeto de estudio. En este apartado se expresa los antecedentes relacionados a la temática. Asimismo, se establecieron los objetivos, tanto generales como específicos, los cuales fueron el eje directriz para el desarrollo de la presente investigación.

En el capítulo 2 tenemos la metodología de la investigación implementada bajo el enfoque cuantitativo, indicando las técnicas y procedimientos que se ejecutaron para llevar a cabo este proyecto.

En el capítulo 3 se sitúa el marco teórico que, a través de una estructura específica, respaldó mediante conceptualizaciones, teoría y normatividad la temática que engloba esta tesis de investigación.

El capítulo 4 presenta la discusión de los resultados obtenidos en cada prueba realizada a los ladrillos de arcilla macizos y con perforación horizontal.

En el capítulo 5 se presenta las principales conclusiones de la investigación.

En el capítulo 6 se describen las recomendaciones.

Por último, en los capítulos 7 y 8 se presentan la bibliografía, los índices y los anexos donde se encuentran las evidencias fotográficas y las tablas con los resultados de los ensayos realizados.

Capítulo 1.

Construcción del objeto de estudio

1.1. Antecedentes

La ingeniería civil tiene un impacto notable en el desarrollo económico y social de una comunidad, a través de la propuesta de procesos constructivos y la implementación de materiales resistentes y eficientes, que permiten transformar el entorno en la búsqueda constante de mejorar la calidad de vida de la sociedad.

Las diversas áreas que conforman esta disciplina, tales como, estructuras, geotecnia, hidráulica, entre otras, promueven diferentes sistemas constructivos que ponen en práctica un cúmulo de conocimientos que se involucran y forman parte en el diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras realizadas en el ámbito ingenieril.

Las estructuras que integran un proyecto constructivo deben ser capaces de soportar las cargas de impacto y asimismo cumplir con la funcionalidad que rige el diseño de la edificación. En este sentido, los muros como elemento constructivo en su función estructural permiten la división de espacios y la transferencia de las fuerzas a otros elementos para lograr la estabilidad.

Para la conformación de muros ya sean estructurales o no estructurales, se tienen diferentes elementos, entre los cuales tenemos block hueco de cemento o concreto, block hueco de barro comprimido, concreto, hormigón armado, ladrillos de arcilla cocida entre otros.

Los ladrillos como elemento constructivo se han desarrollado a la par de la humanidad, se afirma que, en la edad del Paleolítico, en el año 9000 A.C ya se usaban, adentrándose en cierta medida a la decoración; por otro lado, en Babilonia lo usaba para reforzar sus construcciones y recubrir sus muros y murallas. Los primeros eran hechos de adobe requemado y secado al sol. Poseían múltiples formas y dimensiones, las cuales fueron cambiando con el tiempo. (Rocas y Minerales, 2018).

El ladrillo se fabrica utilizando compuestos arcillosos, además de silicatos de alúmina, caolín y diferentes minerales. Esta mezcla es vaciada en moldes de forma prismática rectangular, la misma que tendrán los ladrillos y luego pasan a ser sometidos a secado y cocimiento.

En áreas europeas como Alemania, Inglaterra y los Países bajos, el ladrillo ha sido muy apreciado, lo usaron en pequeños hogares, así como en palacios y castillos. Hoy en día mantiene su vigencia, de hecho, se le ha dado un rol preponderante en obras de carácter contemporáneo. Todo esto se debe a su alta resistencia en grandes estructuras, así mismo, posee cualidades que permiten disfrutar de lugares frescos en climas cálidos y de resguardo cuando el clima es muy frío; también es de alta duración y resistencia térmica. El ladrillo de arcilla ostenta características de durabilidad e impermeabilidad, es una magnífica opción para las zonas rurales y la construcción de diques, pues impide el paso del agua a través de él.

Las unidades de mampostería en arcilla se caracterizan por tener ciertos beneficios en comparación con los ladrillos de concreto, entre estos beneficios se destacan su baja densidad (60% más ligero), bajo costo, el ahorro de un 50% en la construcción de 1m² entre otros (Universidad Nacional de Colombia, 2016).

Actualmente, las construcciones que se efectúan en Colombia utilizan una gran diversidad de materiales constructivos para la elaboración de muros, como ladrillos de arcilla, ladrillos de concreto, muros de concreto armado, paneles estructurales de acero con poliuretano, entre otros; los cuales se seleccionan con base en las características físicas de la edificación, el entorno geográfico, la disponibilidad, así como el costo y el tiempo del proceso constructivo.



Figura 1. Mampostería de unidades de arcilla macizas. (Pena, 2008).



Figura 2. Mampostería de unidades de arcilla con perforación horizontal. (Habitissimo, 2020).

La zona cafetera de Colombia se destaca por tener zonas con altas concentraciones de productores de ladrillos de arcillas, caracterizándose por la fabricación de múltiples tipos de estos elementos, entre los cuales tenemos Adobe, Perforado, Sólido, Tejar, Normalizado, Hueco, Refractario, Decorativo, Para piso. Un ejemplo de esto, se considera la zona norte del departamento del Valle del Cauca, en donde diversos pueblos concentran su economía en esta actividad, dichos pueblos utilizan procesos de fabricación que van desde técnicas artesanales hasta procesos ya estandarizados.

Con base en lo anterior, se desarrolla el presente trabajo de investigación que busca analizar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados en la zona norte del departamento del Valle del Cauca, Colombia; y comparar los resultados obtenidos con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana para elementos constructivos de mampostería de arcilla.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla como material constructivo, procedentes de un conjunto de ladrilleras de producción a pequeña escala, ubicadas en el norte del departamento del Valle del Cauca - Colombia, en relación con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana en términos de elementos de mampostería.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar una búsqueda bibliográfica con relación al tema de estudio, en donde se incluya la normatividad vigente a nivel nacional, estableciendo el lineamiento a seguir de la investigación.
- Analizar comparativamente el comportamiento de los ladrillos de arcilla con base en los estudios realizados descritos en la Norma Técnica Colombiana (NTC 4017).
- Verificar el cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana por parte de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo; con base en los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos a realizar.

1.3. Justificación

Actualmente en Colombia, específicamente en la zona norte del departamento del Valle del Cauca, la elaboración de unidades de mampostería en arcilla es un proceso llevado a cabo en su mayoría por productores a pequeña escala. El proceso constructivo para los ladrillos de tipo macizo está basado generalmente en la aplicación de técnicas artesanales propias de cada fabricante, y en la misma línea, el método de elaboración de los ladrillos con perforación horizontal se ha ido actualizando mediante la incorporación de tecnología conformando un proceso mecanizado.

Como bien se sabe la calidad de los ladrillos de arcilla va directamente ligada no solo con el proceso constructivo utilizado, sino también con las propiedades de los materiales que lo componen, en especial de la arcilla como materia prima principal, por ende, es de gran importancia el tipo de suelo y la ubicación de los bancos de extracción de este material, ya que de ahí se deriva la composición interna de la unidad de mampostería.

A nivel nacional, la Norma Técnica Colombiana es quien rige los parámetros de calidad propios de los ladrillos de arcilla, pese a esto, los pequeños fabricantes no se apoyan en dicha norma para la fabricación de sus productos, lo que conlleva a que no se tenga un control de calidad que pueda brindar certeza y garantía de seguridad al usuario sobre el producto final.

Con base en lo anterior, y en función de la demanda que en los últimos años ha presentado los ladrillos de arcilla como componente importante en los procesos constructivos a nivel nacional, se realiza el estudio de las características mecánicas, así como un análisis comparativo entre los diversos fabricantes de la zona cafetera del país, específicamente ubicados en el Norte del Valle del Cauca, en el Municipio de Cartago, con el propósito de generar una

base de datos con información confiable y de fácil acceso para el ingeniero civil en formación y para quienes conforman el mercado laboral.

Lo anteriormente expresado, es el fundamento principal para la realización de esta investigación, la cual permitió efectuar un diagnóstico comparativo de las características físicas de dichas unidades de mampostería de arcilla como elemento constructivo provenientes de diversos fabricantes.

1.4. Hipótesis

Los ladrillos de arcilla con perforación horizontal y de tipo macizo, deberán cumplir con los parámetros de calidad establecidos por la Norma Técnica Colombiana referentes a las propiedades físicas y mecánicas estipuladas en la NTC-4205.

Capítulo 2.

Marco teórico

2.1. Usos de los ladrillos de arcilla

Los ladrillos de arcilla sirven como elemento clave para realizar trabajos arquitectónicos, ya que funciona como un importante instrumento en la elaboración, fortalecimiento y embellecimiento de obras, brindándoles un toque de elegancia y durabilidad. Adicionalmente posee cualidades que le permiten ser empleado en decoración de exteriores, ya sea de puertas, ventanas, pisos, entradas de edificaciones, chimeneas, etc.

Por otro lado, este material es muy utilizado en la industria de la ingeniería, en construcciones de tipo residencial, comercial, oficinas, entre otros; esto se debe a sus múltiples ventajas, entre las cuales tenemos su bajo costo de producción, su funcionalidad como aislante térmico y acústico, entre otros.

Los ladrillos de arcilla se utilizan en los procesos constructivos en mampostería, específicamente en los muros. Los muros se pueden definir como “elementos verticales que se usan para separar y cerrar espacios” (Barros, 2005).

Según (Mark, 2002), los muros desempeñan dos roles funcionales: formar una envoltura que proporcione seguridad y abrigo frente a la visión exterior, el viento y la lluvia y soportan el peso de la superestructura del edificio.

De acuerdo con (Rodríguez, 2015), cuando se combinan sus características estructurales y arquitectónicas, el producto son estructuras duraderas de bajo mantenimiento y buena apariencia, reflejando una imagen de innovación seguridad y solidez según el manejo en los diseños de ingeniería y arquitectura.

2.1.1. Muros estructurales en mampostería

Se puede definir como mampostería de carga aquel que soporte unas cargas verticales además de su propio peso. Este tipo de mampostería se pueden construir de piedra, ladrillo, bloques huecos o de hormigón armado. En los edificios comerciales pequeños, el empleo de muros en mampostería de carga será económico y ventajosa. En los edificios comerciales y fabriles de grandes dimensiones, en los que el factor plazo es de gran importancia, el tiempo requerido para los muros de carga en mampostería y el mayor coste previsible de ejecución exigen a menudo el empleo de otros sistemas constructivos (Winter & Nilson, 2002).

La Norma Sismo Resistente (NSR-10, 2010), En función de su forma de trabajo reconoce y define los siguientes tipos de mampostería:

2.1.1.1. Mampostería de cavidad reforzada

Es la construcción realizada con dos paredes de piezas de mampostería de caras paralelas reforzadas o no, separadas por un espacio continuo de concreto reforzado, con funcionamiento compuesto y que cumple con los parámetros de diseño establecidos en la Norma Sismo Resistente (NSR-10, 2010). Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico o especial (DES).

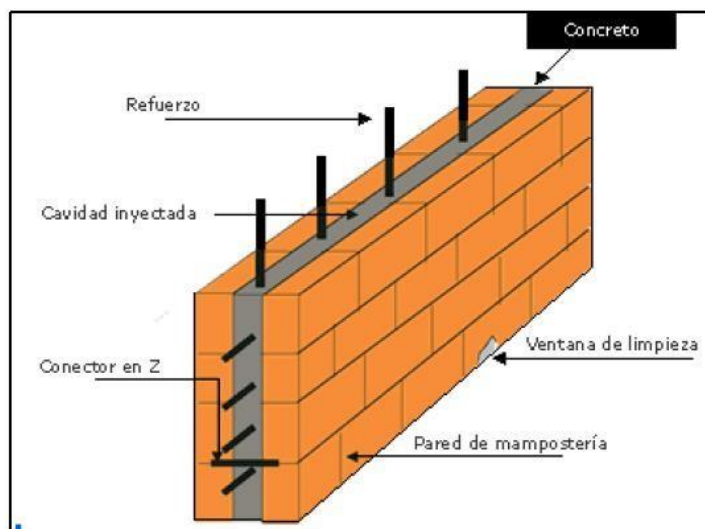


Figura 3. Mampostería de cavidad reforzada. (Revista Construdata, 2001).

2.1.1.2. Mampostería reforzada

Es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumple con los parámetros de diseño establecidos en la Norma Sismo Resistente (NSR-10, 2010). Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico (DES) cuando todas sus celdas se inyectan con mortero de relleno o cuando se cumpla con los requisitos adicionales de refuerzos mínimos establecidos, y como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (DMO) cuando sólo se inyectan con mortero de relleno las celdas verticales que llevan refuerzo.



Figura 4. Mampostería reforzada. (Mayorga, 2017).

2.1.1.3. Mampostería parcialmente reforzada

Es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumpla con los parámetros de diseño establecidos en la Norma Sismo Resistente (NSR-10, 2010). Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (DMO).

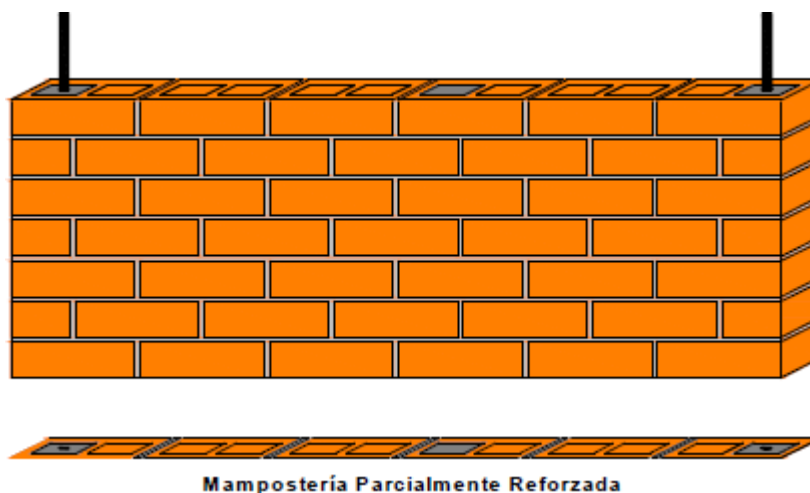


Figura 5. Mampostería parcialmente reforzada. (Sánchez, 2004).

2.1.1.4. Mampostería no reforzada

Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero que no cumple las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada debe cumplir con los parámetros de diseño establecidos en la Norma Sismo Resistente (NSR-10, 2010). Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (DMI).

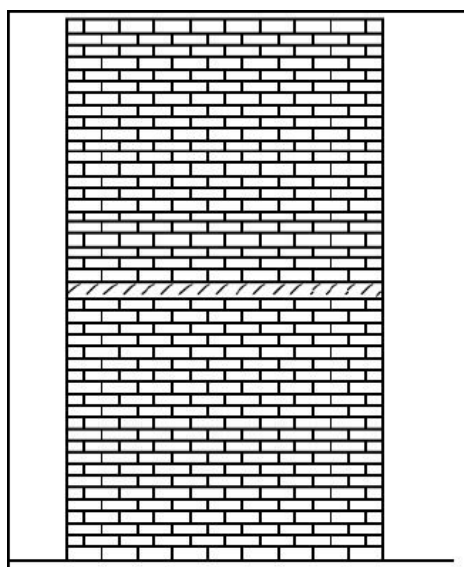


Figura 6. Mampostería no reforzada. (Rodríguez, 2015).

2.1.1.5. Mampostería de muros confinados

Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado contruidos alrededor del muro, confinándolo y que cumpla con los parámetros de diseño establecidos en la Norma Sismo Resistente (NSR-10, 2010). Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (DMO).

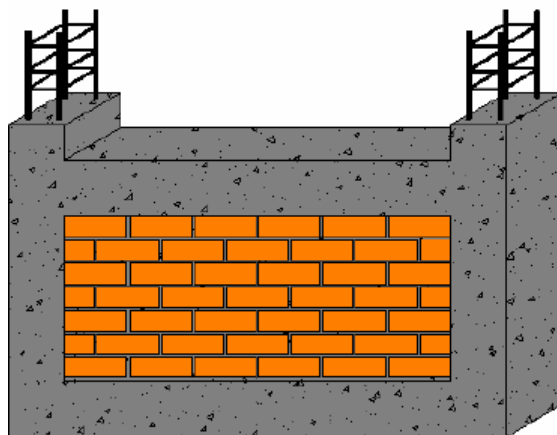


Figura 7. Mampostería de muros confinados. (Sánchez, 2004).

2.1.1.6. Mampostería de muros diafragma

Se llaman muros diafragma de mampostería a aquellos muros colocados dentro de una estructura de pórticos, los cuales restringen su desplazamiento libre bajo cargas laterales. Los muros diafragma deben cumplir los parámetros de diseños establecidos en la Norma Sismo Resistente (NSR-10, 2010).

Este tipo de construcción no se permite para edificaciones nuevas, y su empleo sólo se permite dentro del alcance del Capítulo A.10 de la Norma Sismo Resistente (NSR-10, 2010), aplicable a la adición, modificación o remodelación del sistema estructural de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del Reglamento, o de la evaluación de su vulnerabilidad sísmica

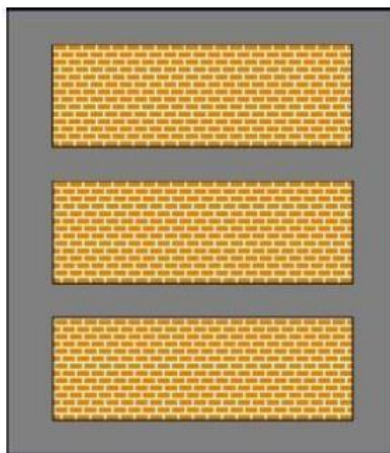


Figura 8. Mampostería de muros diafragma. (Rodríguez, 2015).

2.1.1.7. Mampostería reforzada externamente

Es la construcción de mampostería en donde el refuerzo se coloca dentro de una capa de revoque (pañete) fijándolo al muro de mampostería mediante conectores y/o clavos y cumple con los parámetros establecidos en la Norma Sismo Resistente (NSR-10, 2010). Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (DMI).

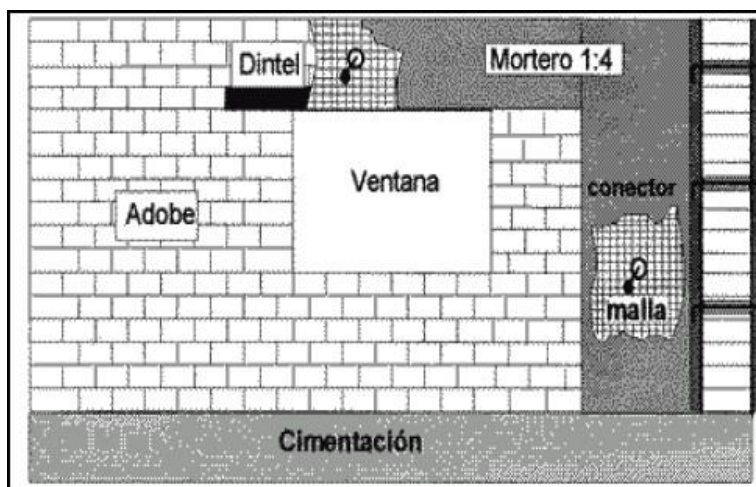


Figura 9. Mampostería reforzada externamente. (Rodríguez, 2015).

2.1.2. Muros divisorios en mampostería

Los muros divisorios no son muros estructurales. Se utilizan para llenar el espacio entre la fachada del invernadero y el muro de masa, así como para cerrar baños, etc.

Los muros divisorios no necesitan recibir cargas adicionales a su propio peso ligero, por ende, solo descansan sobre cimientos que tienen aproximadamente el mismo ancho de los muros (Reynolds, 2017). Aparte de la función divisoria, también tienen que cumplir la importante función de aislar tanto acústica como térmicamente, y convertirse en un elemento impermeable a la humedad (García, 2018).

2.2. Materiales principales de los ladrillos de arcilla

Es importante destacar que la fabricación de ladrillos a base de arcilla se efectúa a través de una mezcla que también contiene agua y otros materiales orgánicos tales como aserrín, excremento de animales, cascaras de café molido, entre otros; con el fin de otorgarle mayor consistencia a la mezcla.

2.3. Arcilla

De acuerdo con la Norma Técnica Colombia (NTC-4051, 2005), la arcilla es un material agregado de origen mineral, de consistencia terrosa o pétreo, compuesto esencialmente de silicatos hidratados de alúmina, capaz de tornarse plástico con la adición limitada de agua, rígido cuando esté seco, y pétreo cuando es sometido a temperatura suficientemente alta.

2.3.1. Composición química y mineralógica de las arcillas

Según (Afanador García, Ibarra Jaime, & López Durán, 2013), esta característica influye directamente en las propiedades mecánicas y físicas de los productos cerámicos obtenidos. Un alto contenido de dióxido de sílice (SiO_2) permite estimar un bajo porcentaje de contracción en

los ladrillos elaborados con esta arcilla debido a su baja plasticidad, al igual que un alto contenido de cuarzo indica un alto contenido de material desgrasante (arena).

2.3.2. La plasticidad en arcillas

Esta propiedad es fundamental en las arcillas, ya que sus partículas en presencia de agua producen un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas, es decir, permite que sean moldeadas. Generalmente, esta plasticidad puede ser cuantificada mediante la determinación de los índices de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico y Límite de Retracción).

2.4. Ladrillo de arcilla

Es un elemento de construcción sólido que posee una forma de prisma rectangular, generalmente se fabrican moldeando las piezas a base de arcilla los cuales se someten a una etapa de secado natural y posteriormente se solidifican mediante un proceso de horneado.

De acuerdo con la Norma Mexicana (NMX-C-037-ONNCEE, 2005), Los ladrillos cerámicos son elementos de construcción, de forma prismática rectangular, obtenidos por moldeo, secado y cocción de pastas cerámicas de barro, arcilla o similares extruidos o comprimidos.

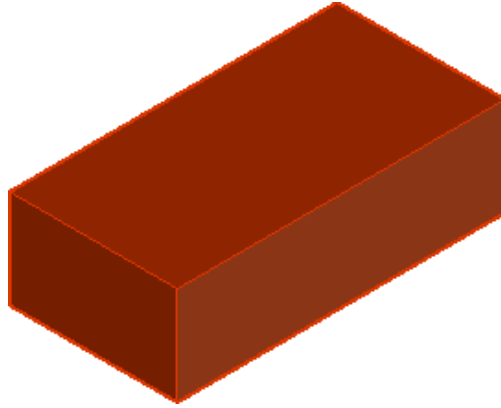


Figura 10. Ladrillo de arcilla. (fuente propia).

En general los ladrillos cerámicos deben cumplir con sus características de diseño, es decir, mantener las dimensiones establecidas, contar con una geometría homogénea evitando irregularidades en cada una de sus caras y sobre todo manteniéndose libre de materiales extraños no asociados a su fabricación tanto en su interior como exterior, así mismo no presentará resquebrajaduras, hendiduras o grietas ni algún defecto similar que afecte su durabilidad.

2.4.1. Proceso constructivo de los ladrillos de arcilla

2.4.1.1. Extracción y preparación de la arcilla

El primer paso es la extracción de la arcilla en los bancos naturales, luego se somete a un proceso de reposo, en el cual se busca homogenizar textura, descomponer y extraer las impurezas que posee el material; posteriormente se procede a un tratamiento de tritución de la arcilla con el fin de obtener una consistencia uniforme de esta.

La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, etc.) favorece a la descomposición de la materia orgánica que puede estar presente y permite la purificación química del material. (Fernández, 2015).

2.4.1.2. Modelación

En esta etapa se le da la forma requerida a la arcilla como unidad de mampostería, este proceso puede ser por tres tipos, modelación por extrusión, modelación por prensado o modelación manual.

2.4.1.2.1. Modelación por extrusión

Es un proceso industrializado, por el cual se fabrican las piezas de mampostería haciendo fluir la arcilla a través de boquillas al vacío, con el fin de una mejor compactación del material.

En la extrusión la humedad varia dentro del rango del límite plástico, y la presión depende del agua utilizada en el proceso (NTC-4051, 2005).



Figura 11. Modelación por extrusión de ladrillos de arcilla. (Ladrillera La Esmeralda, 2020).

2.4.1.2.2. Modelación manual

Este proceso consiste en llenar las gaveras vaciando la mezcla con fuerza dentro de ellas, compactándola con las manos y después alisándola con un rasero, que es un palo cilíndrico que se usa para quitar la parte que excede de una medida determinada (Fernández, 2015).



Figura 12. Modelación manual de ladrillos de arcilla. (DecorexPro, 2020).

2.4.1.3. Secado

El secado se puede realizar de manera natural o artificial, y consiste en retirar el agua adherida físicamente al material, antes de entrar al horno de cocción.



Figura. 13 Secado de ladrillos de arcilla. (Ladrillera La Esmeralda, 2020).

2.4.1.4. Cocción

El proceso de cocción se divide en tres fases, precalentamiento, cocción y enfriamiento. En el precalentamiento se va aumentando la temperatura paulatinamente eliminando el agua impregnada en el material; posteriormente se someten las unidades de mampostería a altas temperaturas en hornos durante periodos de tiempo prolongados, con el fin de lograr la unión o ligue de las partículas de arcilla, logrando la adquisición de las propiedades físicas y mecánicas y así mismo la durabilidad de los ladrillos cerámicos; y por último se enfrían los ladrillos hasta alcanzar temperatura ambiente.



Figura 14. Cocción de ladrillos de arcilla. (Ladrillera La Esmeralda, 2020).

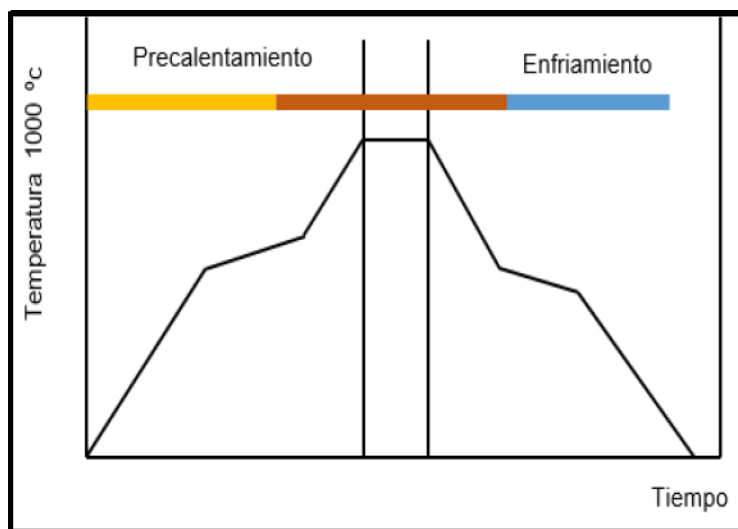


Figura 15. Proceso de cocción de los ladrillos de arcilla (Fernández, 2015).

2.4.2. Tipos de ladrillos de arcilla

Tal como lo expresa la Norma Técnica Colombiana (NTC-4205, 2000), en la construcción se presentan tres tipos básicos de unidades de mampostería de arcilla cocida, y depende directamente de la disposición de sus perforaciones y sobre todo del volumen que estas ocupen; generalmente los ladrillos con perforaciones son fabricados con procesos industrializados, por otro lado, los ladrillos macizos (sin ningún tipo de perforación) son fabricados artesanalmente.

2.4.2.1. Ladrillos con perforación vertical (PV):

Son los ladrillos cuyas celdas o perforaciones son perpendiculares a la cara o superficie en que se asientan en el muro, el área neta de dichas perforaciones no debe exceder el 65% del área bruta de dicha sección.

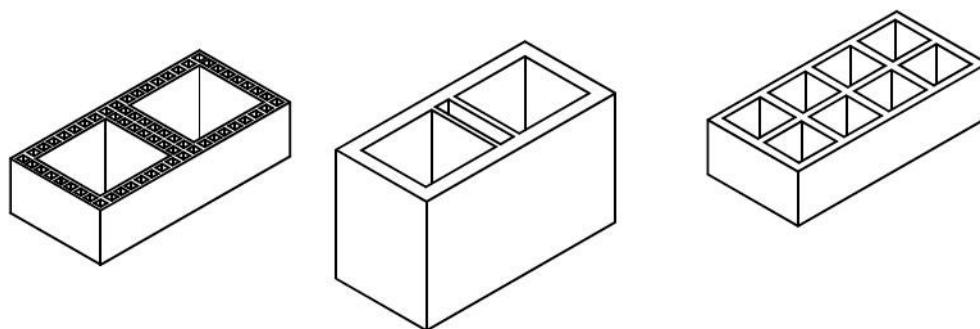


Figura 16. Ladrillos con perforación vertical. (NTC-4205, 2000).

2.4.2.2. Ladrillos con perforación horizontal (PH):

Son los ladrillos cuyas celdas o perforaciones son paralelas a la cara o superficie en que se asientan en el muro.

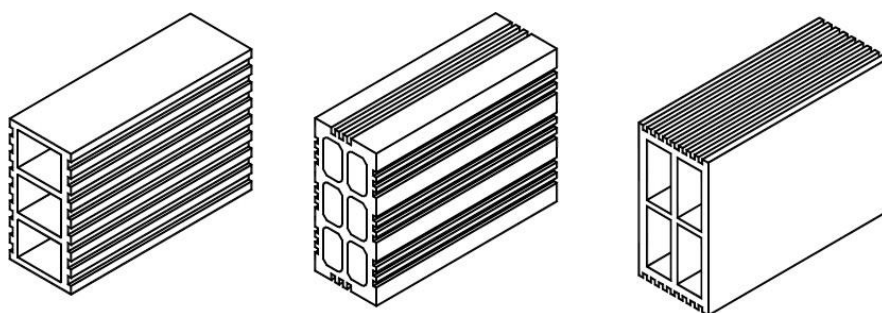


Figura 17. Ladrillos con perforación horizontal. (NTC-4205, 2000).

2.4.2.3. Ladrillos macizos (M):

Son los ladrillos que son totalmente sólidos, es decir, que no contengan perforaciones, o en su defecto, que las perforaciones que poseen no excedan el 25% de su volumen.

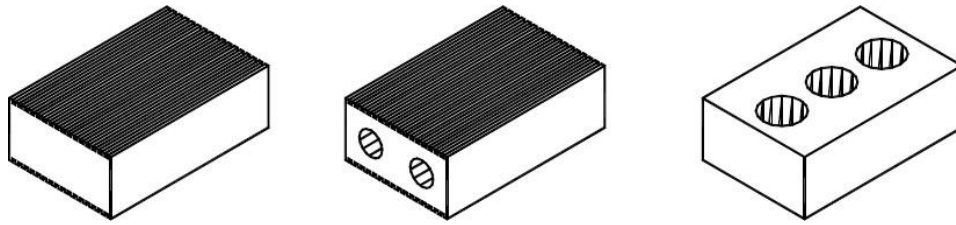
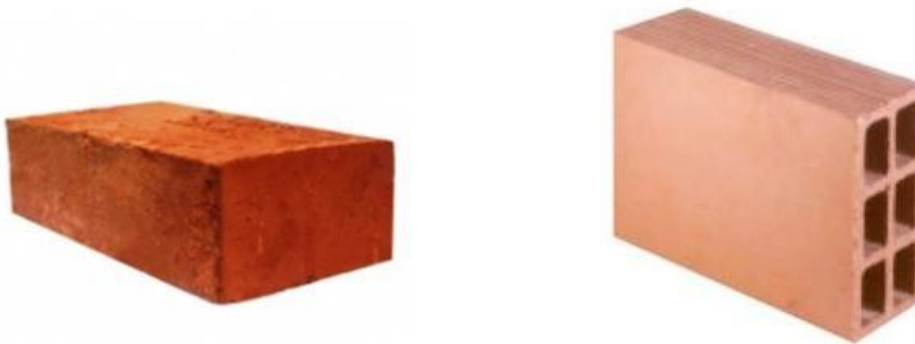


Figura 18. Ladrillos macizos. (NTC-4205, 2000).

Para la presente investigación se seleccionaron dos tipos, ladrillos macizos y ladrillos con perforación horizontal, tipo farol liso, tal y como se ilustra en la figura Figura 19.



(a) Ladrillo Tipo Macizo

(b) Ladrillo Tipo Farol Liso

Figura 19. (a) Ladrillo tipo macizo, (b) ladrillo tipo farol. (Fuente Propia).

2.4.3. Propiedades físicas de los ladrillos de arcilla

Se definen como propiedades físicas a todas las características que se basan principalmente en la estructura del material, las cuales se logran cambiar sin modificar su composición. Estas propiedades son visibles y medibles.

De acuerdo con la (NTC-4051, 2005), entre las propiedades físicas de los ladrillos de arcilla tenemos las dimensiones, la tolerancia dimensional, estabilidad, la forma, el color, textura, absorción, densidad, entre otros.

2.4.3.1. Dimensión

La dimensión de un espécimen o pieza de ladrillo es cada una de las tres direcciones en que se mide la extensión de este, denominándolas largo, ancho y alto (NMX-C-038-ONNCEE, 2014).

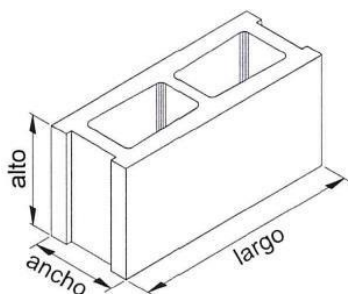


Figura 20. Dimensiones de una pieza de ladrillo. (NMX-C-038-ONNCEE, 2014).

De acuerdo con la (NTC-4205, 2000), las unidades de mampostería de arcilla cocida no tienen que cumplir con medidas reglamentarias, los fabricantes eligen libremente las medidas de fabricación de sus productos.

Tabla 1.

Ejemplos de dimensiones reales de mampostería.

<i>Dimensiones reales</i>		
230	110	50
250	120	55
290	140	65
390	190	90

Nota: Las juntas de mortero tanto verticales como horizontales tienen un espesor de diseño de 10mm +/- 3mm (NTC-296, 2000).

Tomando en cuenta que la mayoría de los ladrillos de arcilla presentan variaciones tanto en sus dimensiones como en sus superficies, estas imperfecciones geométricas en la construcción conducen a la necesidad de hacer juntas de mortero mayores a las establecidas.

2.4.3.2. Paredes, tabiques y celdas

Se denominan paredes exteriores de las unidades de mampostería a los elementos longitudinales que constituyen los dos lados del muro; los tabiques son los elementos transversales que mantienen unidas las paredes de un lado con las opuestas o que separan celdas dentro de las piezas (NTC-4205, 2000).

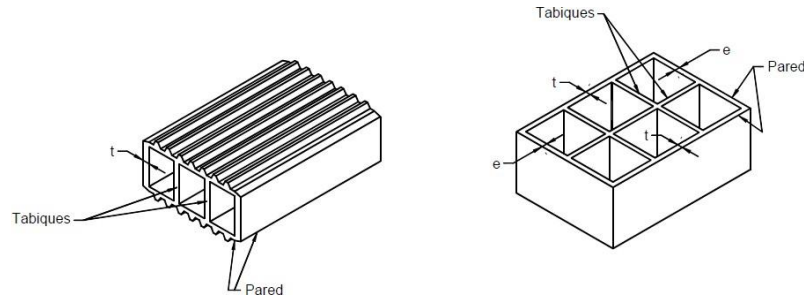


Figura 21. Tabiques y paredes en unidades de mampostería. (NTC-4205, 2000).

A continuación, se presentan los aspectos que sirven como guía para el diseño geométrico de las unidades de mampostería.

Tabla 2.

Espesor de paredes y tabiques para unidades de mampostería estructural

<i>Tipo</i>	<i>Espesor neto mínimo en paredes (mm)</i>	<i>Espesor mínimo en tabiques (mm)</i>
Perforación Vertical (PV)	19	10
Perforación Horizontal (PH)	16	10

Nota: Espesores mínimos de paredes y tabiques para ladrillos de arcilla de uso estructural. (NTC-4205, 2000).

Tabla 3.

Espesor de paredes y tabiques para unidades de mampostería no estructural.

<i>Tipo</i>	<i>Espesor neto mínimo en paredes (mm)</i>	<i>Espesor mínimo en tabiques (mm)</i>
Perforación Vertical (PV)	10	6
Perforación Horizontal (PH)	10	6

Nota: Espesores mínimos de paredes y tabiques para ladrillos de arcilla de uso no estructural. (NTC-4205, 2000).

En las unidades de mampostería, la Norma Técnica Colombiana (NTC-4205, 2000) establecen unos requerimientos para las celdas, los cuales son:

Las celdas deben tener una sección cuya área tenga como mínimo 20 cm² y su menor dimensión debe ser por lo menos de 12 mm, si las celdas se han diseñado para paso de refuerzo o instalaciones, su menor dimensión debe ser por lo menos 50 mm y su área mayor o igual a 30 cm².

En las unidades de mampostería de perforación horizontal, el ancho de cualquier celda, medido en la dirección del espesor del muro, no debe exceder de 5.5 veces el espesor de las caras horizontales de la pieza. Así mismo, la altura de la celda no debe ser mayor a 6.5 veces el espesor neto de las caras exteriores.

2.4.3.3. Absorción

Se considera como el incremento de la masa de la unidad de mampostería de arcilla debido al agua que se introduce en los poros del material y no incluye el agua adherida a la superficie de las partículas, esta se expresa en porcentaje de la masa seca.

2.4.3.4. Textura y color

La textura y el color de los ladrillos de arcilla, debe especificarse libremente por el fabricante. La Norma Técnica Colombiana (NTC-4205, 2000) establece que las modificaciones hechas a la textura lisa de la superficie de las unidades, tales como estrías grabadas, escarificaciones, entre otros; se debe realizar preferiblemente sobre el producto crudo, o por cualquier método que no produzca fisuras o debilitamiento en las paredes.

Las estrías, además de cubrir por lo menos el 50% de la superficie de colocación, no puede disminuir el espesor de la pared en más de 5 mm, su profundidad mínima debe ser de 1.5 mm y el ancho menor de 10 mm.

Por otro lado, el color de los especímenes de ladrillos varía dependiendo el tipo de arcilla y el proceso de fabricación, y no puede utilizarse como un parámetro de evaluación de calidad. la exigencia de una gama de color especifica se debe realizar a partir de un acuerdo entre comprador y vendedor, y se recomienda observar una muestra superior a 5 unidades que contengan los extremos de variación.

Las unidades de mampostería de arcilla para uso en interiores no deben tener ningún tipo de restricción o clasificación con base en su color o su gama de variación.

2.4.4. Propiedades mecánicas de los ladrillos de arcilla

Las propiedades mecánicas son aquellas que describen el comportamiento de un material ante la aplicación de acciones o fuerzas sobre él. Entre las propiedades mecánicas de los ladrillos

de arcilla, tenemos la resistencia a compresión, el módulo de rotura, resistencia al impacto, resistencia al desgaste entre otros (Aguilera, 2016).

2.4.4.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se considera como el esfuerzo máximo al cual se somete un espécimen de ladrillo de arcilla antes de llegar a la falla, dicha carga se aplica de manera perpendicular y de manera gradual, siguiendo las especificaciones descritas en la Norma Técnica Colombiana (NTC-4017, 2005).

En ladrillos de perforación vertical, la resistencia neta a la compresión se calcula dividiendo la carga de rotura o de falla por el área neta de la sección perpendicular a la carga (se descuentan las áreas de celdas y perforaciones). En los ladrillos macizos, la resistencia neta y la resistencia bruta son iguales, ya que se calcula dividiendo por el área de apoyo de los ladrillos.

2.4.4.2. Módulo de rotura

La resistencia a la flexión se define como el máximo esfuerzo a tensión que puede soportar una unidad de mampostería apoyada en sus dos extremos bajo carga perpendicular a la superficie superior del espécimen colocada en la línea central entre los dos apoyos hasta la falla (Gutiérrez, 2003).

La resistencia a la flexión transversal de una pieza de mampostería es un referente de la calidad de esta, donde de manera indirecta se mide la resistencia a la tensión. Sin embargo, los esfuerzos generados no son representativos en comparación con los que se generan en situaciones reales, por lo que su utilidad es funcional a la hora de establecer los requisitos para la clasificación de las piezas (Rodríguez, 2015).

2.5. Producción de ladrillos de arcilla

El programa Eficiencia Energética de Ladrilleras y Yeseras Artesanales de América Latina Para Mitigar el Cambio Climático (EELA) realizó unos estudios en 2013 en donde se evidencia la producción de ladrillos en América Latina, en la Figura 22 se muestra que Colombia representa uno de los menores productores de ladrillos en Latinoamérica.

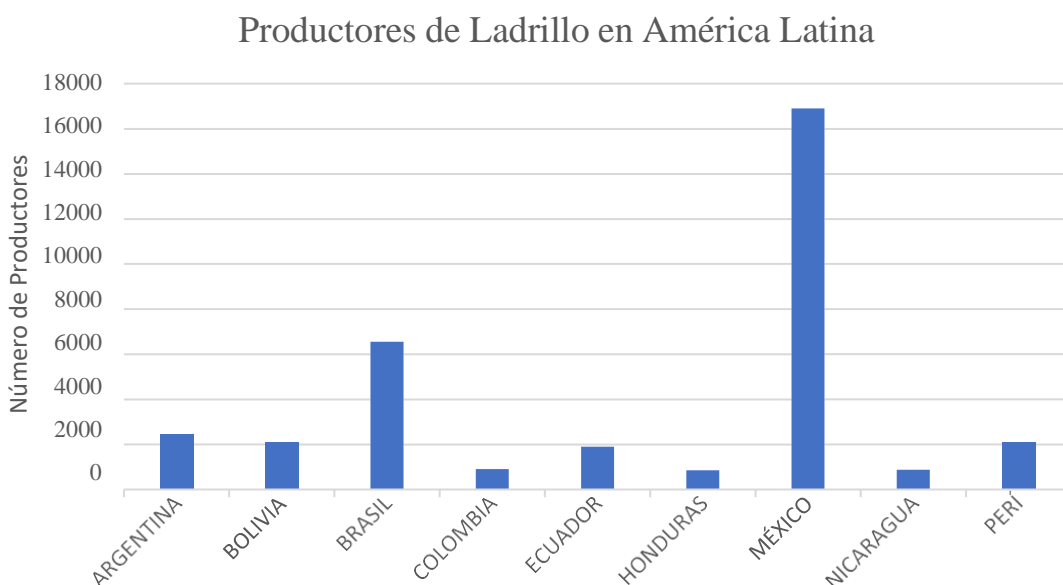


Figura 22. Productores de Ladrillo en América Latina. (Programa EELA, 2013).

Esto se debe a que la producción de ladrillos en el país se basa en procedimientos artesanales milenarios, y si bien algunas empresas han evolucionado tecnificando el proceso y realizando grandes inversiones, no deja de ser una realidad que producir ladrillos es un proceso que se puede hacer con pocas inversiones.

La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) afirma que, en Colombia, la industria del ladrillo de arcilla es heterogénea en su composición, con un notorio nivel de informalidad.

De acuerdo con la Corporación Ambiental Empresarial, en el 2019 el 25% de las toneladas de ladrillos en Colombia es producido por la gran industria en tan solo el 3% de los hornos, mientras que el 75% restante se produce en el 97% de hornos, lo que corrobora la alta informalidad (Pimienta, 2019).

La Corporación Ambiental Empresarial, realizó en 2015 un estudio para validar la existencia y representatividad de las ladrilleras en los distintos departamentos de Colombia, con el fin de lograr establecer la línea de base del sector ladrillero en el país.

En la Figura 23 se evidencia que más de un 60% de las ladrilleras industriales se centra en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y el Valle del Cauca.

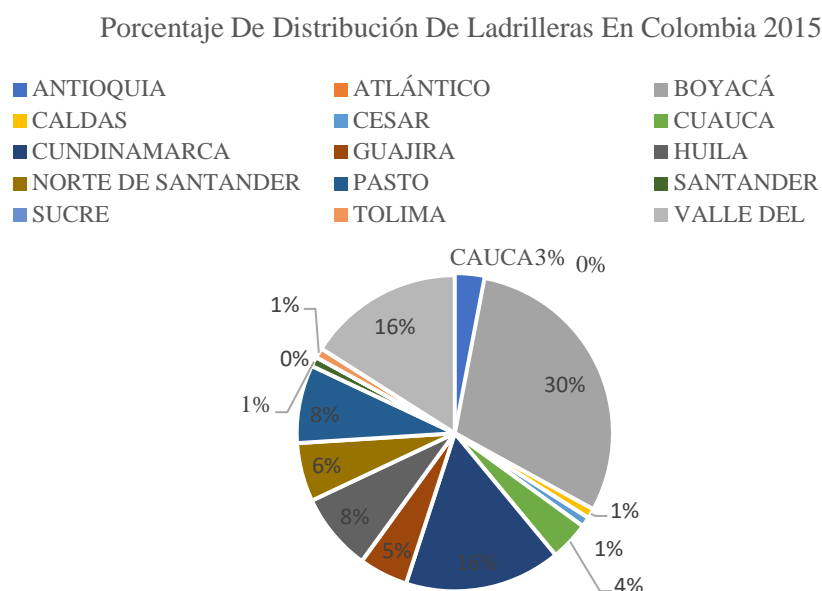


Figura 23. Distribución geográfica del sector ladrillero en Colombia. (CAEM, 2015).

La producción de ladrillos por regiones de acuerdo con la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM, 2015), cambia significativamente en comparación con los porcentajes de productores por regiones; en la Tabla 4. se evidencia que el 83% de producción de la industria

ladrillera en Colombia, está concentrada en los departamentos de Cauca, Cundinamarca, Antioquia, Norte de Santander y Valle del Cauca.

Tabla 4.

Producción de ladrillos en Colombia por departamento

<i>Departamento</i>	<i>Producción regional para el año 2015 (ton/mes)</i>
Cundinamarca	284.056
Norte de Santander	150.408
Antioquia	177.020
Valle del cauca	109.405
Huila	75.134
Boyacá	41.800
Cesar	46.706
Atlántico	30.660
Santander	16.063
Caldas	27.200
Pasto	6.006
Guajira	1.739
Cauca	407.671
Tolima	5.946
Sucre	2.695

Nota: Producción de ladrillos en Colombia (por regiones), para el año 2015. (CAEM, 2015).

En el departamento de Valle del Cauca, la distribución de las ladrilleras principalmente se encuentra en los municipios de Candelaria y Palmira, superando más del 70% de la producción de la zona, tal y como se muestra en la Figura 24.

Distribucion De Ladrilleras En La Region Del Valle Del Cauca

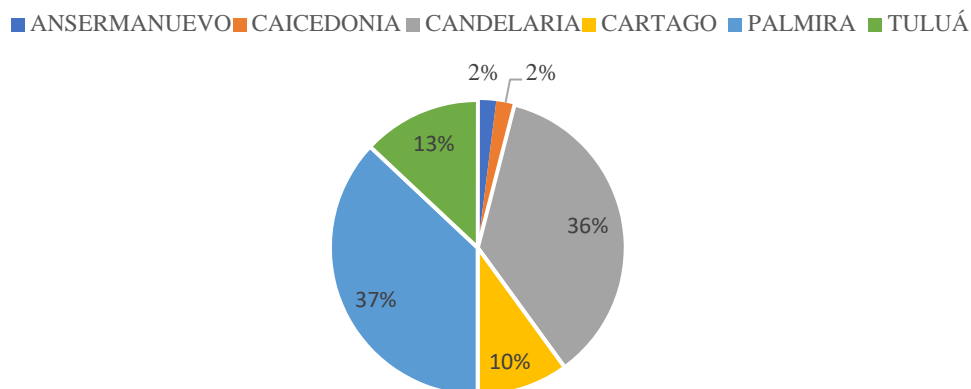


Figura 24. Distribución geográfica de las principales ladrilleras en el Valle del Cauca (CAEM, 2015).

El 97% de las ladrilleras de la región del valle del cauca son mecanizadas es decir presentan hornos de tipo Pampa; mientras que el porcentaje restante se encuentra dividido en pequeñas, medianas y grandes empresas, las cuales presentan hornos tipo Vagón, Hoffman y Túnel respectivamente. (CAEM, 2015).

Distribución Por Tamaño

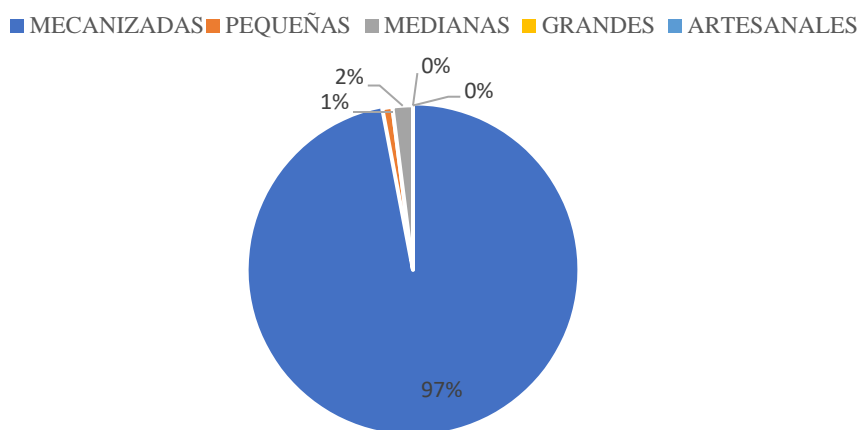


Figura 25. Tipos de ladrilleras en el Valle del Cauca (CAEM, 2015).

2.6. Ensayos aplicables para la evaluación de calidad

En la industria de la construcción, el control de calidad es uno de los aspectos fundamentales para el buen desarrollo de un proyecto, ya que nos permite garantizar el nivel de seguridad exigido dentro de los costos establecidos en una obra; este proceso se realiza mediante la verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas tanto de los materiales como de los procesos constructivos, requeridas por las normas colombianas.

El reglamento colombiano sismo resistente (NRS-10) – Título D es el que establece los requisitos mínimos de diseño y construcción para las estructuras de mampostería y de sus elementos. Este reglamento busca lograr un comportamiento apropiado de las construcciones en mampostería estructural y de su integridad estructural bajo las condiciones de carga vertical permanente o transitorias, bajo condiciones de fuerza lateral, de viento o de sismo y bajo estados ocasionales de fuerzas anormales.

El Título D del presente reglamento, cita las normas técnicas colombianas NTC que hacen parte de él, y son promulgadas por el instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC, único organismo nacional de normalización reconocido por el gobierno de Colombia.

Para la evaluación de calidad de los ladrillos de arcilla, nos apoyaremos en la Norma Técnica Colombiana NTC-4017 (Método para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla); para el trabajo de la presente investigación, solo se seleccionarán siete parámetros (presentados en la Tabla 5) a evaluar de la norma antes mencionada.

Tabla 5.

Ensayos para realizar a las unidades de mampostería.

<i>Parámetro seleccionado</i>	<i>Norma aplicable</i>
Muestreo	NTC-4017 Numeral 4
Determinación de la masa	NTC-4017 Numeral 5
Módulo de rotura (ensayo de flexión)	NTC-4017 Numeral 6
Resistencia a la compresión	NTC-4017 Numeral 7
Absorción de agua	NTC-4017 Numeral 8
Medición del tamaño	NTC-4017 Numeral 12
Medición de alabeo	NTC-4017 Numeral 13

Nota: Ensayos que se le realizarán a las muestras de ladrillo de arcillas para su evaluación de calidad.
(Fuente Propia).

2.6.1. Muestreo

La selección de especímenes de ensayo se debe realizar de manera que sean representativos del lote entero de unidades del que se tomaron, tomando en cuenta la variedad de colores, textura y tamaños del envío. También se percató que estuvieran totalmente limpios y libres de materiales extraños no asociados con su fabricación.

2.6.1.1. Número de especímenes

Las muestras de ladrillos deben realizarse aleatoriamente de cada lote de producción, el cual estuvo constituido en un rango de 50.000 a 100.000 unidades, o en su defecto, por la totalidad de producción si esta es menor a 50.000 unidades. De cada lote se deben extraer según la norma cinco (5) unidades. En la presente tesis, con el fin de obtener un mejor análisis, utilizaremos treinta (30) muestras por cada ladrillera; a estas treinta muestras se les realizará el ensayo de determinación de la masa y medición del tamaño, posteriormente se dividirán en 3 grupos de diez (10) unidades, a los primeros diez (10) especímenes se les realizarán los ensayos de absorción y medición de alabeo; las siguientes diez (10) unidades se les realizará el ensayo de

resistencia a compresión y a las ultimas diez (10) unidades, se les realizará el ensayo de módulo de rotura, tal y como se muestra en la Figura 26.

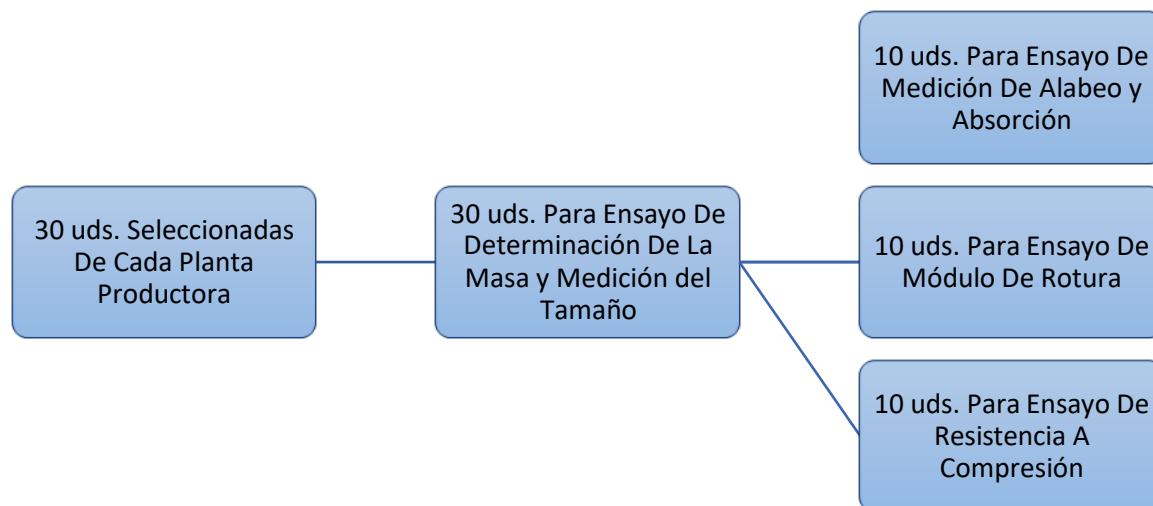


Figura 26. Selección y distribución de unidades de ladrillos de arcilla para ensayos de calidad. (Fuente Propia)

2.6.1.2. Identificación de especímenes

Cada espécimen debe estar marcado de tal manera que se pueda identificar en cualquier momento; estas marcas no deben cubrir más del 5% de la superficie del espécimen.

2.6.2. Determinación de la masa

Los especímenes de ladrillo de arcilla deben secarse a temperatura entre 110°C a 115°C en un periodo de tiempo de 24 horas, hasta que en dos mediciones sucesivas a intervalos de 2 horas no se presente una pérdida de masa superior al 0.2 % del ultimo peso del espécimen determinado previamente.

2.6.2.1. Enfriamiento

Se procede a enfriar los especímenes manteniendo su temperatura de 24°C +/- 8°C, con una humedad relativa de 30% a 70%. Se almacenan las unidades separadas entre sí, durante un periodo de tiempo de 24 horas.

2.6.2.2. Cálculos

Los resultados se registran separadamente para cada unidad, junto con el promedio de cinco (5) unidades o más.

2.6.3. Módulo de rotura

Los especímenes de unidades de mampostería en arcilla deben estar secas de acuerdo al procedimiento 2.6.2 y 2.6.2.1 respectivamente.

Se coloca el espécimen con el lado plano hacia abajo, es decir, se aplica la carga en la dirección del ancho de la unidad; los soportes deben ser barras solidas de 25.4 mm de diámetro ± 1 mm, cuyo centro debe estar a 12.5 mm ± 2 mm de cada borde del espécimen, el cual se carga en el centro de la luz de apoyo, tal y como se ilustra en la Figura 27. La carga se aplica a la cara superior del espécimen mediante una placa de 6.0 mm de espesor y 38.0 mm de ancho, su longitud debe ser mínimo del ancho de la unidad.

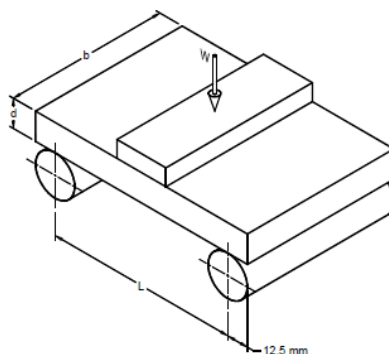


Figura 27. diagrama del montaje módulo de rotura. (NTC-4017, 2005).

2.6.3.1. Velocidad de aplicación de carga

La velocidad de carga no debe exceder los 8900 N/min; sin embargo, se puede considerar que este requisito se cumple, si la velocidad de la cabeza móvil, durante la aplicación de la carga es inferior a 1.3 mm/min.

2.6.3.2. Cálculos

El módulo de rotura se calcula utilizando la Ecuación 1, tal y como se presenta en la Figura 28.

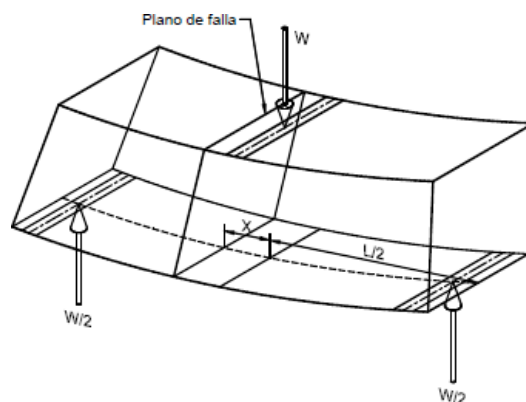


Figura 28. Diagrama de cuerpo libre para la deducción de la fórmula del módulo de rotura. (NTC-4017, 2005).

$$MR = \frac{3W \left(\frac{L}{2} - x \right)}{bd^2}$$

Ecuación 1. Fórmula del módulo de rotura. (NTC-4017, 2005).

MR = módulo de rotura de la muestra en el plano de falla, en Pa.

W = carga máxima indicada por la máquina de prueba, en N.

L = distancia entre los soportes, en mm.

b = ancho neto de la muestra en el plano de falla, en mm.

d = alto de la muestra en el plano de falla, en mm.

x = distancia promedio del plano de falla al centro de la pieza, medida en la dirección de la línea central de la superficie sometida a tensión, en mm.

2.6.4. Resistencia a la compresión

Para unidades de mampostería de arcilla cocida macizas o con perforaciones deben ser unidades secas y deben contener la altura y el ancho completos de la unidad, tal y como se usa en el muro o en el enladrillado, pero con una longitud igual a la mitad de la longitud de la pieza entera +/- 25 mm; y se someten a carga en la misma posición que ocuparan en su aplicación.

Los especímenes de unidades de mampostería en arcilla deben estar secas de acuerdo con el procedimiento 2.6.2 y 2.6.2.1 respectivamente.

Si las superficies que servirán para aplicar la carga durante el ensayo de compresión presentan salientes o reentrantes, estas se deben rellenar con morteros compuestos por una parte en peso de cemento de endurecimiento rápido, y dos partes por peso de arena. Para refrendar se debe esperar a que el mortero de relleno cumpla 48 horas de edad.

2.6.4.1. Refrendado de las unidades con yeso

Se cubren las dos caras opuestas de carga de cada espécimen con laca y se deja secar; se asienta una de las superficies del espécimen con laca seca sobre una capa delgada de pasta pura de yeso, la cual ha sido extendida sobre un plato aceitado, no absorbente, tal como un vidrio o una paca metálica maquinada. La superficie del plato debe encontrarse plana dentro del rango de 0.076 mm en una longitud de 400 mm. Debe ser suficientemente rígido y ser soportado de tal manera que no se presenten deflexiones medibles durante la operación de refrendado. Se repite este mismo procedimiento con la otra superficie cubierta con laca. Se debe observar que las caras opuestas de carga formadas sean aproximadamente paralelas y perpendiculares al eje vertical del espécimen y que los espesores de refrendado sean aproximadamente los mismos, sin exceder los 3.2mm. Los refrendados deben tener al menos 24 horas antes de ensayar los especímenes.

Posteriormente, se ensayan los especímenes en una posición tal que la carga sea aplicada en la dirección en que van a estar puestos en servicio.

2.6.4.2. Velocidad de aplicación de carga

Se debe aplicar la carga con una velocidad adecuada hasta la mitad de la máxima esperada de acuerdo con el estimativo previsto para el producto en su defecto con base en el requisito de resistencia propio de él acorde a la norma respectiva.

Luego de aplicada la carga inicial, se deben ajustar los controles de la máquina de tal forma que la carga faltante se aplique a una velocidad uniforme en no menos de 60 segundos ni más de 120 segundos.

2.6.4.3. Cálculos

Se debe calcular la resistencia a la compresión de cada espécimen mediante la siguiente ecuación.

$$C = \frac{W}{A}$$

Ecuación 2 Resistencia a la compresión (NTC-4017, 2005)

C = resistencia del espécimen a la compresión, en Pa x 10⁴ o (kgf/cm²).

W = carga máxima en N o en la indicada por la máquina.

A = promedio de las áreas brutas de las superficies superior e inferior del espécimen, en cm².

En la Tabla 6 y

Tabla 7 se presentan los valores mínimos descritos por la Norma Técnica Colombiana (NTC-4205, 2000), dependiendo del uso de los ladrillos de arcilla.

Para unidades de perforación vertical de 20 cm de altura o más, el requisito de resistencia a la compresión se debe reducir en un 25% sobre los mínimos exigidos por las tablas presentadas a continuación.

Tabla 6.

Resistencia mínima a compresión en ladrillos de arcilla para uso estructural.

<i>Tipo</i>	<i>Resistencia mínima a la compresión (MPa)</i>	
	<i>Promedio (5 Uds)</i>	<i>Unidad</i>
Perforación Horizontal (PH)	5.0 (50)	3.5 (35)
Perforación Vertical (PV)	18.0 (180)	15.0 (150)
Macizos (M)	20.0 (200)	15.0 (150)

Nota: Resistencia mínima a compresión establecida por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla de uso estructural. (NTC-4205, 2000).

Tabla 7.

Resistencia mínima a la compresión en ladrillos de arcilla para uso no estructural.

<i>Tipo</i>	<i>Resistencia mínima a la compresión (MPa)</i>	
	<i>Promedio (5 Uds)</i>	<i>Unidad</i>
Perforación Horizontal (PH)	3.0 (30)	2.0 (35)
Perforación Vertical (PV)	14.0 (140)	10.0 (150)
Macizos (M)	14.0 (140)	10.0 (150)

Nota: Resistencia mínima a compresión establecida por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla de uso estructural. (NTC-4205, 2000).

2.6.5. Absorción de agua

Los especímenes de unidades de mampostería en arcilla deben estar secas de acuerdo con el procedimiento 2.6.2 y 2.6.2.1 respectivamente.

Los bordes de los especímenes para el ensayo deben estar libres de partículas sueltas. Se sumergen los ladrillos de arcilla secos y fríos en agua limpia entre 15.5 °C y 30 °C durante 24 horas. Se retira el espécimen, se seca el exceso de agua con paños y se pesa. El pesaje de cada espécimen se debe hacer antes que transcurran 300 segundos de retirado del agua.

2.6.5.1. Cálculos

La absorción de cada espécimen se calcula mediante la Ecuación 3; y se reporta con una aproximación del 0.1%. la absorción promedio de todos los especímenes ensayados también se reporta con una aproximación de 0.1 %.

$$\% \text{ Absorción} = \frac{W_{ss} - W_s}{W_s} \times 100$$

Ecuación 3 Porcentaje de absorción con aproximación del 0.1% (NTC-4017, 2005)

W_s = masa seca del espécimen antes de inmersión, en g.

W_{ss} = masa saturada superficialmente seca luego de inmersión en agua, en g.

La Norma Técnica Colombiana (NTC-4205, 2000) establece que las unidades de mampostería de arcilla deben cumplir con los requisitos de absorción de agua en 24 horas de inmersión (promedio y máximo individual) que se dan en la Tabla 8 y Tabla 9.

Tabla 8.

Porcentajes de absorción de agua en ladrillos de arcilla para uso estructural

Tipo	Absorción de agua máxima (%)			
	Uso Interior		Uso Exterior	
	Promedio (5 Uds)	Unidad	Promedio (5 Uds)	Unidad
Perforación Horizontal (PH)	13	16	13.5	14
Perforación Vertical (PV)	13	16	13.5	14
Macizos (M)	13	16	13.5	14

Nota: Absorciones máximas permitidas por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla para uso estructural, ya sea en interiores o exteriores. (NTC-4205, 2000).

Tabla 9.

Porcentajes de absorción de agua en ladrillos de arcilla para uso no estructural.

Tipo	Absorción de agua máxima (%)			
	Uso Interior		Uso Exterior	
	Promedio (5 Uds)	Unidad	Promedio (5 Uds)	Unidad
Perforación Horizontal (PH)	17	20	13.5	14
Perforación Vertical (PV)	17	20	13.5	14
Macizos (M)	17	20	13.5	14

Nota: Absorciones máximas permitidas por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla para uso no estructural, ya sea en interiores o exteriores. (NTC-4205, 2000)

2.6.6. Medición dimensional

Para la medición de las unidades individuales, se debe usar un calibrador pie de rey o de mordazas paralelas.

La longitud se mide tanto a lo largo de ambas superficies de colocación como en las caras, desde el punto central de los bordes de las unidades. Estas cuatro mediciones se registran con aproximación a 1.0 mm, y se registra el promedio con aproximación a 0.5 mm, como longitud. De manera análoga se miden el ancho y la altura y se registra el promedio de las cuatro mediciones respectivas, con aproximación de 0.5 mm.

La diferencia (D) entre la dimensión de diseño declarada por el fabricante y el promedio de las dimensiones reales resultante del muestreo, no debe superar el valor que arroje el cálculo, redondeando el resultado al mm más cercano, de acuerdo con la siguiente formula:

$$D = \pm 0.25 \sqrt{\text{dimension de diseño}}$$

Ecuación 4. Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla. (NTC-4205, 2000).

2.6.7. Medición de alabeo

Para la medición de alabeo utilizamos una regla metálica graduada desde un extremo en divisiones de 1.0 mm; las mediciones deben realizarse en una superficie plana o de vidrio, mínimo de 300 mm x 300 mm, y una desviación máxima de su plenitud de 0,025 mm. Los especímenes deben cepillarse con el fin de remover la suciedad que contengan.

Las caras y aristas de las unidades de mampostería de arcilla no se deben desviar del plano o línea respectivamente en más de 1% de su dimensión de diseño.

2.6.7.1. Superficies cóncavas

Si la superficie que se va a medir es cóncava, se coloca la escuadra a lo largo o en diagonal, y se selecciona el lugar en donde se presente mayor desviación de la plenitud. Se selecciona la mayor distancia desde la superficie de la unidad hasta la escuadra utilizando la regla, se mide esta distancia con una precisión de 1.0 mm, y se registra como un alabeo cóncavo de la superficie.

2.6.7.2. Bordes cóncavos

Si el alabeo que se va a medir es de un borde cóncavo, se coloca la escuadra entre los extremos del borde que se va a medir. Se selecciona la mayor distancia desde el borde de la unidad hasta la escuadra utilizando la regla, se mide la distancia con precisión de 1.0 mm, y se registra como alabeo cóncavo de borde.

2.6.7.3. Superficies convexas

Si el alabeo de la superficie que se va a medir es convexo, se coloca la unidad con la superficie convexa en contacto con una superficie plana, con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie. Con la regla se mide la distancia con una aproximación de 1.0 mm de cada una de las cuatro esquinas, a partir de la superficie plana. El alabeo convexo de la unidad se registra como el promedio de las cuatro mediciones.

2.6.7.4. Bordes convexas

Si el alabeo que se va a medir es de borde convexo, se coloca la escuadra entre los extremos del borde que se va a medir, se selecciona la mayor distancia desde el borde de la unidad hasta la escuadra. Con la regla se mide la distancia con precisión de 1.0 mm y se registra como un alabeo convexo del borde.

Capítulo 3. Metodología

La metodología que ha guiado este trabajo de investigación denominado **“Análisis Comparativo De Las Propiedades Físicas Y Mecánicas De Los Ladrillos De Arcilla Como Elemento Constructivo Procedente De Fabricas Ubicadas En La Zona Norte Del Departamento Del Valle Del Cauca, Colombia”**, se sustenta en la investigación científica de corte cuantitativo, caracterizado por ser un proceso sistemático y ordenado que se conforma por una serie de pasos, con el propósito de medir las variables a través de los instrumentos de recolección de datos orientados a la obtención de respuestas pertinentes a los problemas atendidos.

Para el diseño de la investigación, fue necesaria la implementación de técnicas de investigación encaminadas a la obtención y clasificación de la información obtenida, las técnicas utilizadas se definen a continuación.

3.1. Técnica de investigación documental

Es una técnica de investigación de la descripción objetiva, sistemática y cuantitativa del contenido manifiesto de las comunicaciones, que tiene por objeto interpretar (Grawitz, 1975).

La principal función de las técnicas de investigación documental engloba todos los procedimientos que conllevan el uso óptimo y racional de los recursos documentales disponibles, tanto físicos como electrónicos o virtuales, libros, revistas y otros documentos pertinentes al área de estudio.

Los datos extraídos de las diversas fuentes de información consultadas dan cuerpo al marco teórico de este trabajo investigativo que funge como respaldo teórico conceptual.

3.2. Técnica de observación

La observación es una técnica de recolección de información consistente en la inspección y estudio de las cosas o hechos como acontecen en la realidad (natural o social), mediante el empleo de los sentidos (con o sin ayuda de soportes tecnológicos,) conforme a las exigencias y las categorías perceptivas, construidas a partir de las teorías científicas que utiliza el investigador (Yuni & Urbano, 2006).

Para efectos de esta investigación, se llevó a cabo la observación no participante, la cual permite la verificación en relación con la elaboración de este elemento prefabricado.

3.3. Selección y extracción de muestras

Una muestra puede definirse como una porción que indica la calidad del todo del que ha sido extraído. Para efectos de esta investigación se definieron dos espacios muestrales (Grawitz, 1975).

El primer espacio muestral estuvo relacionado con la selección de los fabricantes que elaboran los ladrillos de arcilla en la zona norte del departamento del Valle del cauca (Colombia), específicamente el municipio de Cartago, donde se encuentran ubicadas las siete (7) ladrilleras seleccionadas para la extracción de los especímenes de estudio. Por otro lado, el siguiente espacio se integró por elementos extraídos de la población a través del muestreo aleatorio simple, el cual define los lotes y la cantidad de los ladrillos de arcilla sujetos al proceso de experimentación.

Para la presente investigación se seleccionaron dos tipos: ladrillos macizos y ladrillos con perforación horizontal tipo farol, tal y como se muestra en la Tabla 10. Posteriormente, en la Figura 29 se presenta la localización de las ladrilleras en estudio.

Tabla 10.

Localización de las fábricas de ladrillos de arcilla en estudio.

<i>Tipo de ladrillo</i>	<i>Ladrillera</i>	<i>Coordenadas geográficas</i>	
		<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
	Ladrillera D	4°44'9.90"N	75°54'13.72"O
Ladrillos con perforación horizontal. (farol liso)	Ladrillera E	4°43'44.01"N	75°55'34.72"O
	Ladrillera F	4°44'27.53"N	75°55'21.00"O
	Ladrillera G	4°45'45.50"N	75°56'24.32"O
	Ladrillera A	4°44'15.47"N	75°55'27.63"O
Ladrillo macizo.	Ladrillera B	4°44'44.99"N	75°55'34.78"O
	Ladrillera C	4°44'0.68"N	75°55'7.41"O

Nota: Localización en coordenadas geográficas de las fábricas de ladrillos de arcilla seleccionadas para la presente investigación. (Fuente Google Earth).

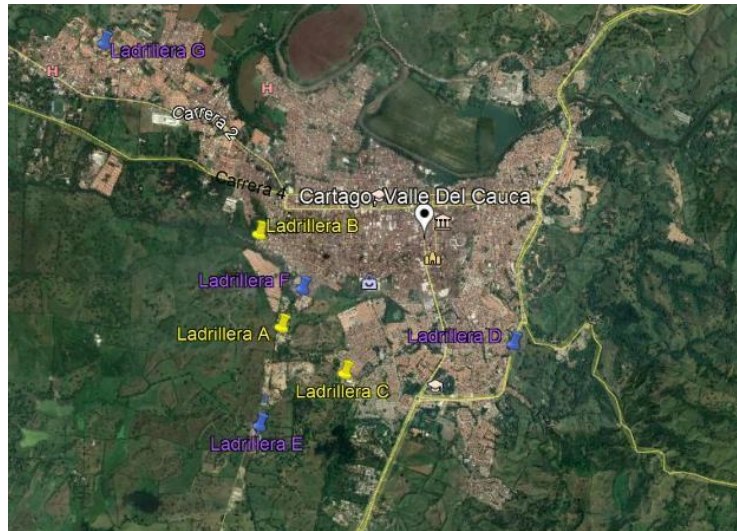


Figura 29. Ubicación de las ladrilleras en estudio, en el municipio de Cartago. (Fuente Google Earth).

La selección de los especímenes en estudio requeridos para la presente investigación fue determinada por las diversas empresas sujetas al análisis, debido a que, por la situación que se está presentando a nivel mundial a causa de la pandemia (covid-19), estas se negaron a permitir el acceso de personal ajeno a las sus plantas productoras.

Para efectos del transporte se contactó con proveedores de ferreterías locales a la población de Calarcá, Quindío (Colombia), donde se realizaron las distintas pruebas. Vale la pena resaltar que en este proceso las unidades de mampostería sufrieron distintos tipos de deterioro, dentro de los cuales encontramos pequeñas deformaciones en la superficie, desprendimientos en las aristas y esquinas de las unidades, entre otros.

3.4. Experimentación

El experimento se puede definir como una investigación científica en la cual el investigador manipula y controla una o más variables independientes y observa las variables dependientes (Naghi Namakforoosh, 2000).

En esta investigación, se aplicaron una serie de pruebas de laboratorio a los ladrillos de arcilla que constituyen la muestra en estudio, los cuales fueron extraídos de los diferentes

fabricantes de la zona norte del departamento del Valle del Cauca (Colombia) con la finalidad de determinar sus características físicas y mecánicas.

Estos ensayos permitieron evaluar la determinación de la masa, determinación del tamaño, determinación de alabeo, la absorción de agua, el módulo de rotura y resistencia a la compresión, en los elementos de la muestra en estudio, generando resultados que intervienen en el proceso de comparación y desarrollo del análisis pertinente, el cual considera como referencia la normatividad relativa a los requerimientos de diseño de este elemento estructural.

3.5. Tratamiento y procesamiento de datos

Estas acciones corresponden a una etapa del proceso de investigación, cuyo objetivo es la verificación de las hipótesis del estudio, una vez recopilada la información vertida por la aplicación de las diferentes técnicas descritas.

Después de organizada la información, se procedió a la fase de procesamiento de datos, la cual facilita el análisis e interpretación de estos y que dan origen a las conclusiones de la investigación.

3.6. Elaboración de informe final

Es la fase final de la investigación, mediante la cual se describen los resultados obtenidos a través de las distintas técnicas y, que dan respuesta a las preguntas que orientan a dicha investigación.

Así mismo, este apartado pone de manifiesto las conclusiones derivadas durante la ejecución y finalización del proyecto, mismas que se dan a conocer al finalizar las actividades establecidas en el cronograma y la metodología.

Capítulo 4.

Discusión de resultados

Inicialmente, se adquirieron 30 unidades de mampostería de arcilla proveniente de cada una de las siete fábricas seleccionadas, para un total de 210 unidades, con el fin de realizarle los ensayos de parámetros de evaluación de calidad descritos en la Norma Técnica Colombiana. En la Tabla 11 se detallan el tipo de ladrillo extraído de cada una de las ladrilleras, y a su vez las dimensiones de diseño para cada ladrillera.

Tabla 11.

Dimensiones de diseño de las unidades de ladrillos de arcilla.

<i>Tipo de ladrillo</i>	<i>Ladrillera</i>	<i>Unidades</i>	<i>Dimensiones (cm)</i>
Ladrillos con perforación horizontal tipo farol liso	Ladrillera D	30	10x20x30
	Ladrillera E	30	10x20x30
	Ladrillera F	30	10x20x30
	Ladrillera G	30	10x20x30
Ladrillos macizos	Ladrillera A	30	7x12x24
	Ladrillera B	30	6x12x26
	Ladrillera C	30	7x13x26.5

Nota: Dimensiones de diseño para cada una de las ladrilleras en estudio. (Fuente propia)

4.1. Resultados obtenidos de los ladrillos con perforación horizontal (PH)

Con base en la (NTC-4017, 2005), se les realizaron las pruebas a los ladrillos con perforación horizontal, provenientes de la Ladrillera D, Ladrillera E, Ladrillera F y Ladrillera G, obteniendo los siguientes resultados:

4.1.1. Ladrillera D

4.1.1.1. Determinación de la masa

Al realizar el proceso de determinación de la masa para cada ladrillo de arcilla extraído de la ladrillera D, se obtuvo un promedio de 3817gr, y una desviación estándar de 45.88gr. En la

Figura 30 se presentan la dispersión de los resultados obtenidos en las mediciones de las masas de cada muestra ensayada.

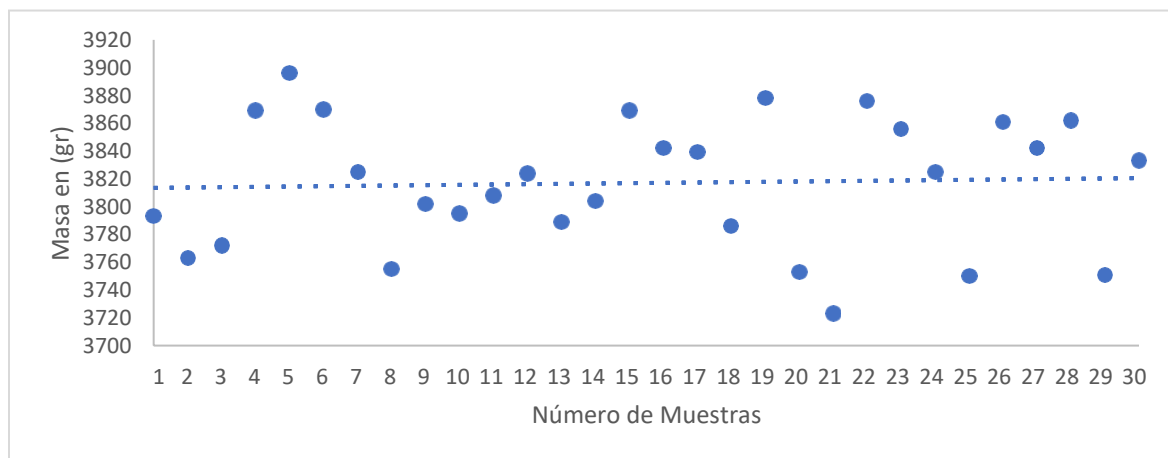


Figura 30. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la ladrillera D. (Fuente Propia)

4.1.1.2. Módulo de rotura

Utilizando la Ecuación 1 se determinó el módulo de rotura de cada ladrillo provenientes de la ladrillera D, obteniendo un valor mínimo de módulo de rotura de 0.85 Pa, un máximo de 1.18 y un promedio de 1.05 Pa, la desviación estándar que presentaron los resultados de los diez (10) ladrillos ensayados fue de 0.10 Pa.

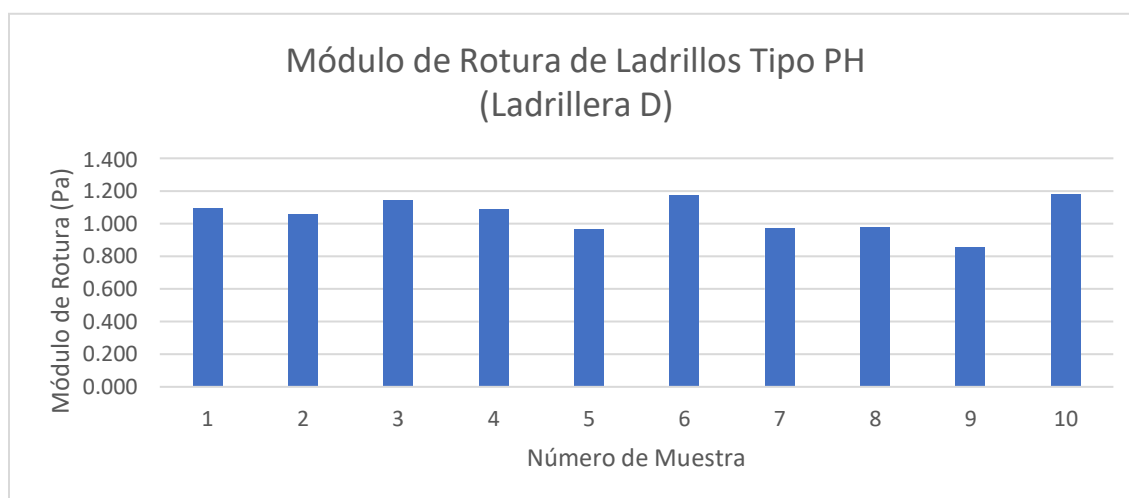


Figura 31. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera D. (Fuente Propia).

4.1.1.3. Resistencia a la compresión

Mediante la Ecuación 2 se calcula la resistencia a la compresión que presenta cada muestra de ladrillo de arcilla ensayada, y posteriormente se calcula el promedio por cada 5 unidades, con el fin de comparar con los valores mínimos exigidos por la (NTC-4205, 2000) y corroborar si la ladrillera D cumple con este parámetro de calidad. En la Figura 32 y Figura 33 se presentan los resultados obtenidos de cada muestra, al igual que los valores de resistencia a compresión exigidos para ladrillos de uso estructural y ladrillos de uso no estructural respectivamente.

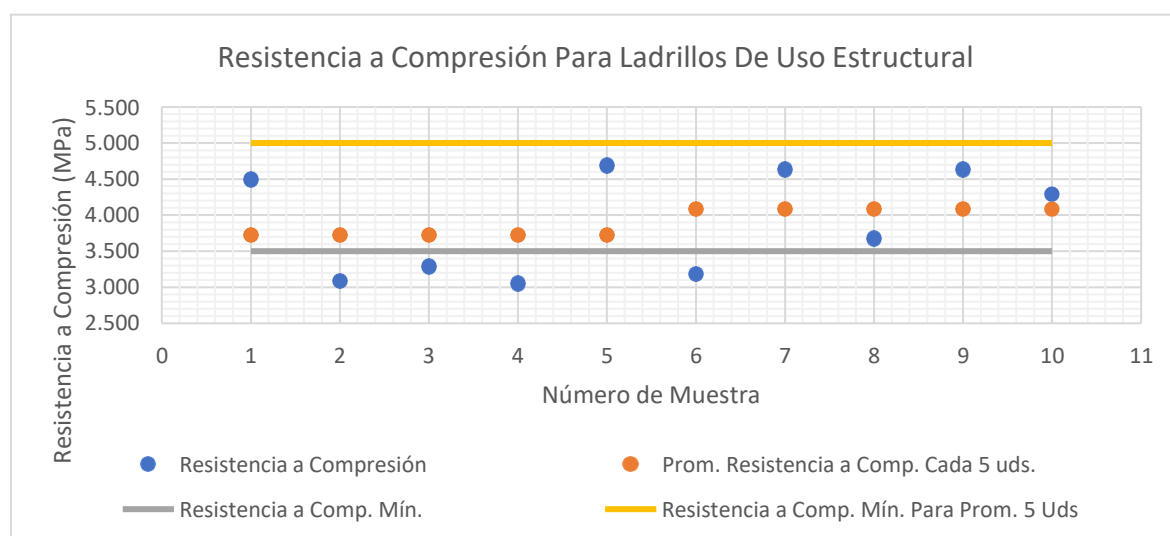


Figura 32. Resistencia a compresión de ladrillos de uso estructural extraídos de ladrillera D. (Fuente Propia)

De acuerdo con la Figura 32 se logra observar que el 60% de los ladrillos con perforación horizontal ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso estructural, la cual es de 3.5 MPa; en la misma línea, también los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas no cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 5 MPa.

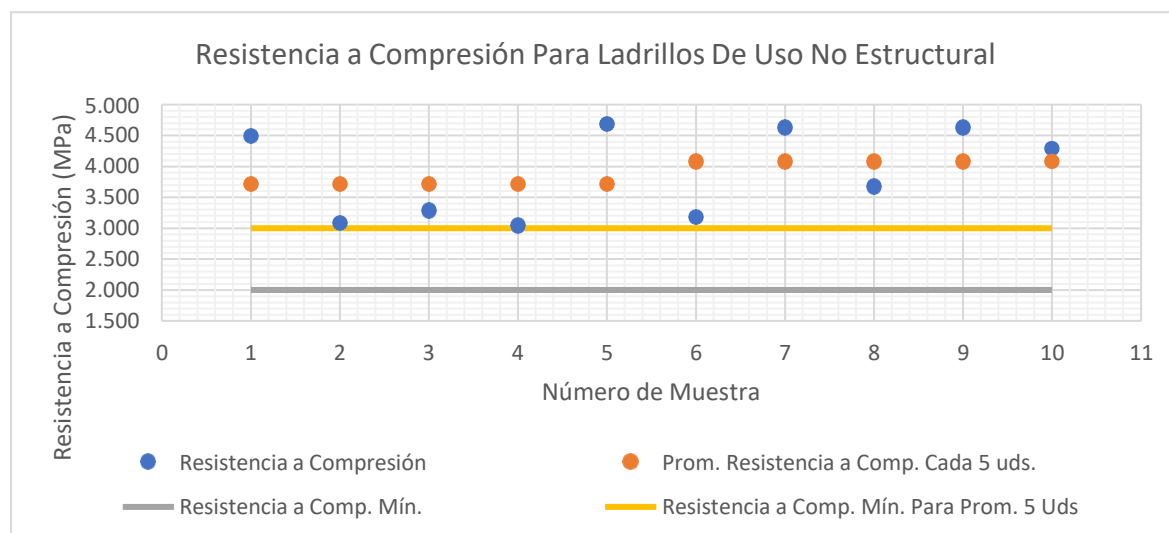


Figura 33. Resistencia a compresión de ladrillos de uso no estructural extraídos de ladrillera D. (Fuente Propia).

La Figura 33 establece que el 100% de los ladrillos con perforación horizontal ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso no estructural, la cual es de 2.0 MPa; en la misma línea, también los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 3 MPa.

4.1.1.4. Absorción de agua

Mediante la Ecuación 3 se determina el porcentaje de absorción para cada unidad de mampostería de arcilla extraída de la ladrillera D, con el fin de establecer si cumple con la absorción máxima establecida por la (NTC-4205, 2000).

En las Figura 34 y Figura 35 se presentan las absorciones obtenidas para cada ladrillo con perforación horizontal y los valores máximos permitidos para ladrillos de uso estructural y no estructural respectivamente.

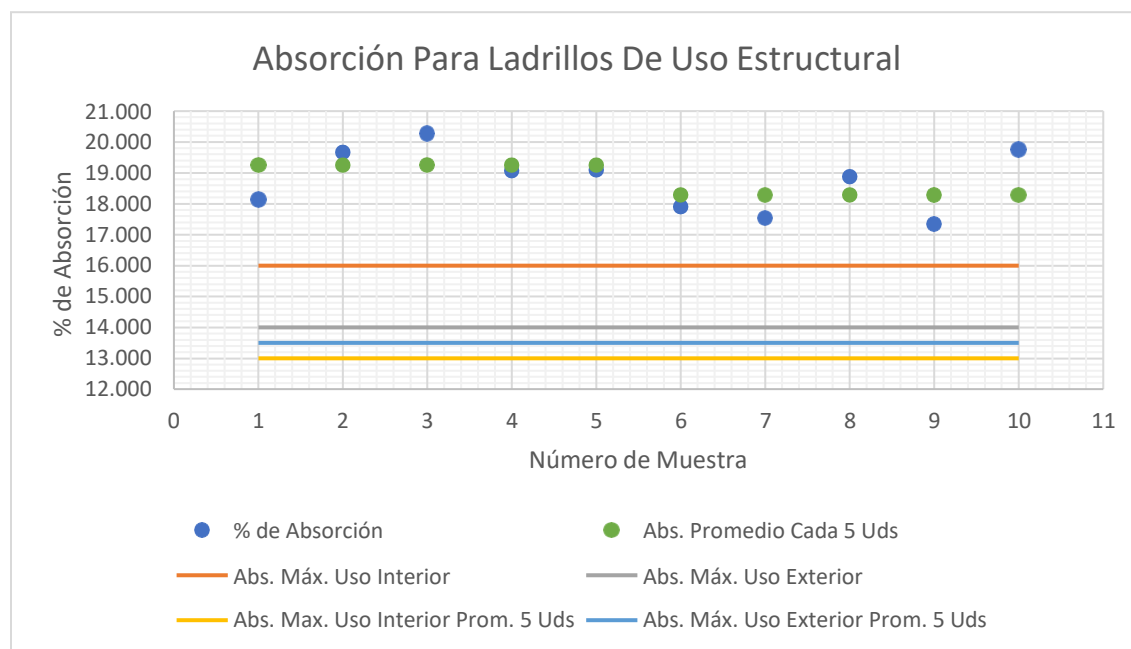


Figura 34. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso estructural de la ladrillera D.

(Fuente Propia).

En la Figura 34 se observa que, para uso estructural, el 100% de los ladrillos no cumplen con la absorción máxima para usos en interior, y así mismo, el 100% de estos ladrillos tampoco cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

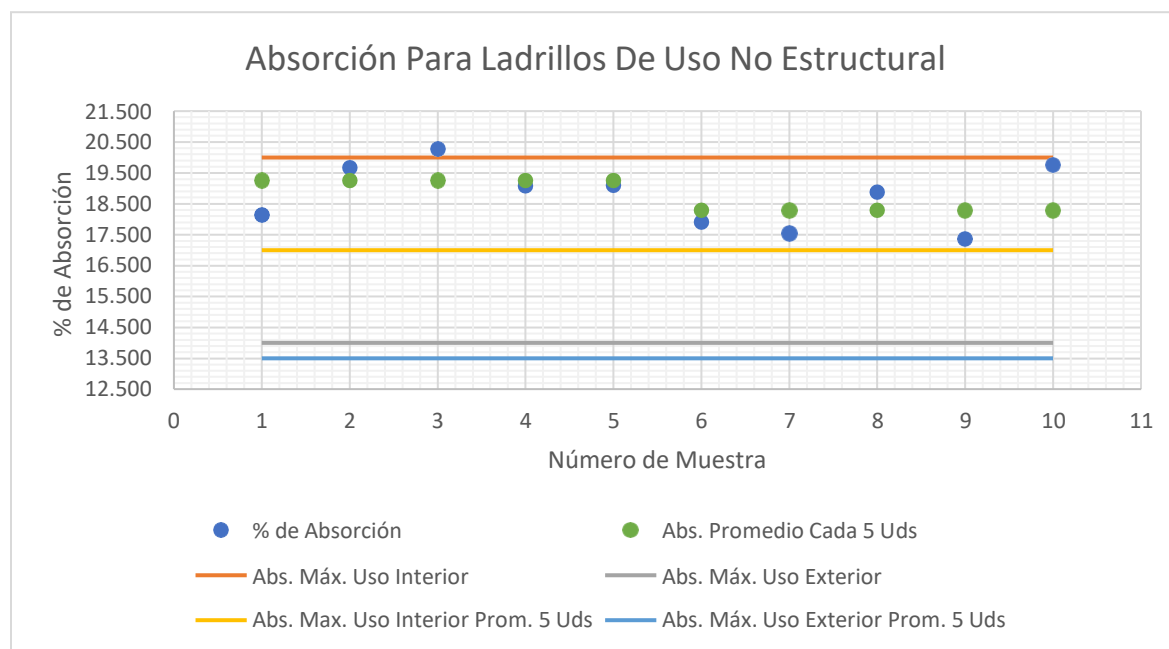


Figura 35. Parámetros absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera D. (Fuente Propia).

En la Figura 35 se observa que, para uso no estructural, el 90% de los ladrillos cumplen con la absorción máxima para usos en interior y, por el contrario, el 100% de estos ladrillos no cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

4.1.1.5. Medición dimensional

Utilizando la Ecuación 4 obtenemos la tolerancia dimensional máxima permitida por la NTC-4205 para cada dimensión de las unidades de mampostería de arcilla, la cual se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12.

Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la fábrica D.

<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia dimensional (mm)</i>	<i>Rango de tolerancia (cm)</i>
Ancho	10.0	3	9.7 – 10.3
Alto	20.0	4	19.6 – 20.4
Largo	30.0	4	29.6 – 30.4

Nota: Tolerancia dimensional permitida por la Norma Técnica Colombiana con respecto a las dimensiones de diseño para ladrillos de arcilla. (Fuente propia).

En las siguientes figuras se presentan las medidas promedio de los ladrillos de arcilla (ancho, alto y largo), extraídos de la ladrillera D; y así mismo, la tolerancia máxima y mínima de cada una de las dimensiones.

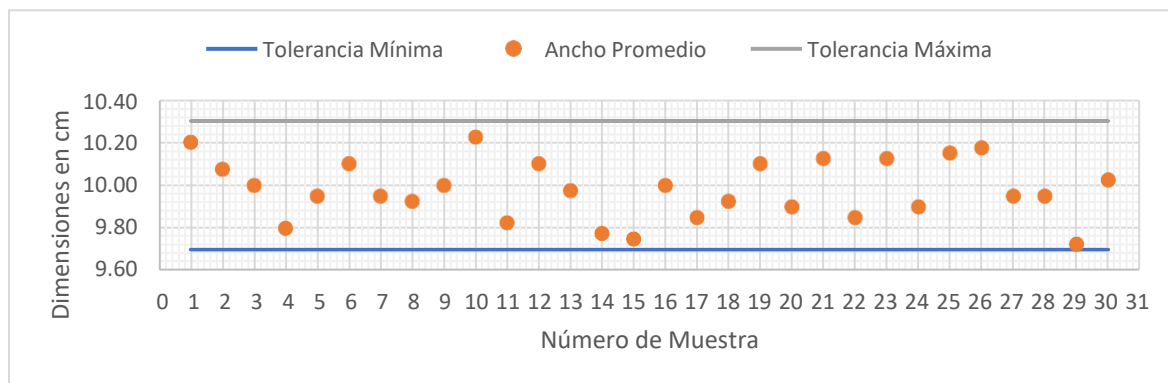


Figura 36. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la fábrica D. (Fuente Propia).

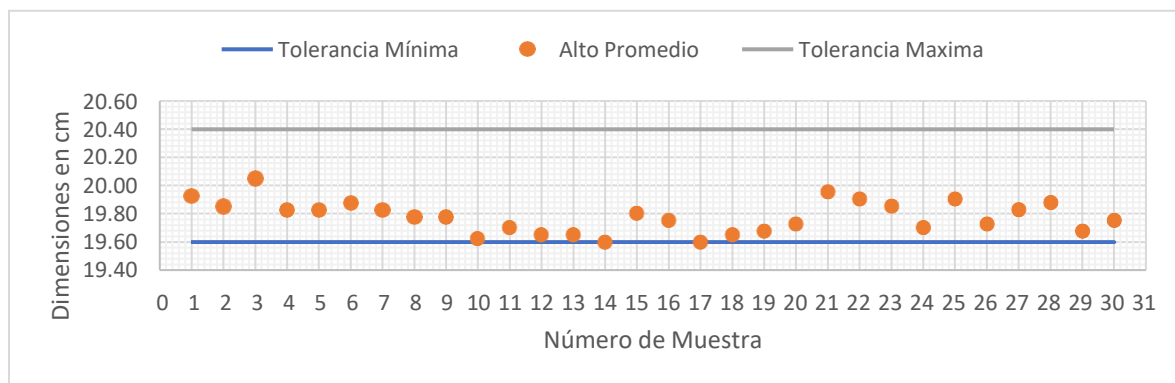


Figura 37. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la fábrica D. (Fuente Propia).

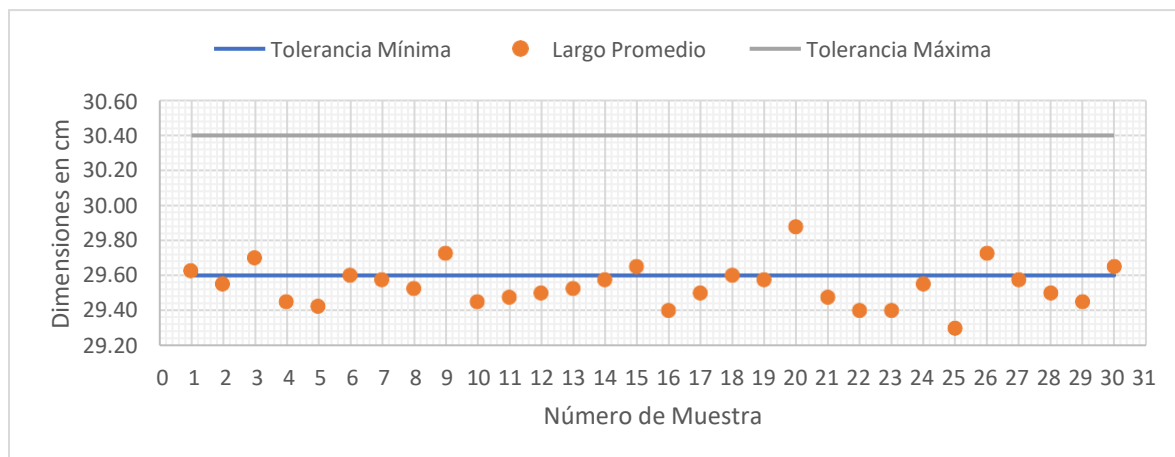


Figura 38. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la fábrica D. (Fuente Propia).

Con base en lo anterior, se logra determinar que un 70% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la ladrillera D no cumplen con la tolerancia dimensional establecida por la (NTC-4205, 2000); es decir, 21 de las 30 muestras estudiadas están por debajo de la medida del largo mínimo determinado en la Tabla 12.

En la Figura 39 se logra observar que la mayor variación dimensional de la medida real en comparación con la de diseño es el ancho, con un valor de 2.75%.

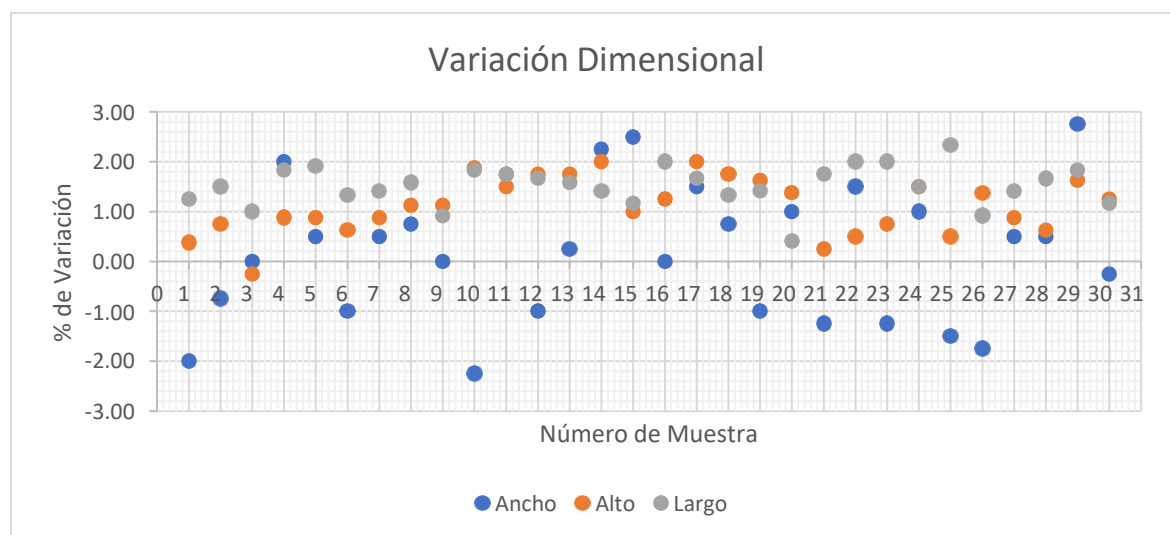


Figura 39. Variación dimensional de las muestras extraídas de la fábrica D. (Fuente Propia).

4.1.1.6. Medición de alabeo

Para la medición de alabeo de ladrillos de arcilla provenientes de la fábrica D, se determinan en la Tabla 13 las tolerancias establecidas por la (NTC-4205, 2000) para cada una de las superficies y bordes, la cual des del 1% de la dimensión de diseño.

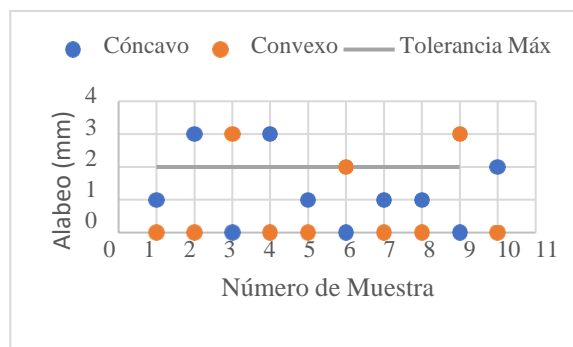
Tabla 13.

Tolerancia de distorsión en las superficies y bordes de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la fábrica D.

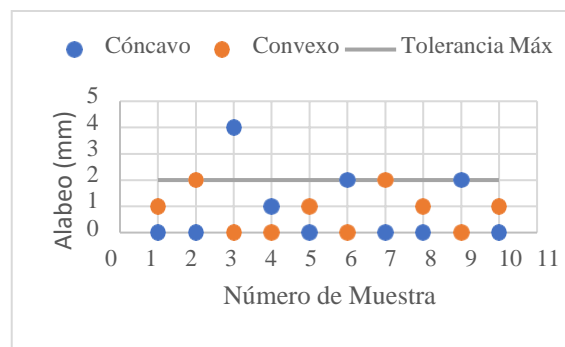
<i>Alabeo en superficies</i>			<i>Alabeo en bordes</i>		
<i>Medida</i>	<i>Dimensión de</i>	<i>Tolerancia de</i>	<i>Medida</i>	<i>Dimensión de</i>	<i>Tolerancia de</i>
	<i>diseño (cm)</i>	<i>distorsión (mm)</i>		<i>diseño (cm)</i>	<i>distorsión (mm)</i>
A x H	10.0 x 20.0	2	ancho	10.0	1
A x H	10.0 x 30.0	3	alto	20.0	2
A x H	20.0 x 30.0	3	largo	30.0	3

Nota: Tolerancia de distorsión máxima permitida por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla (A: ancho, H: alto). (Fuente propia).

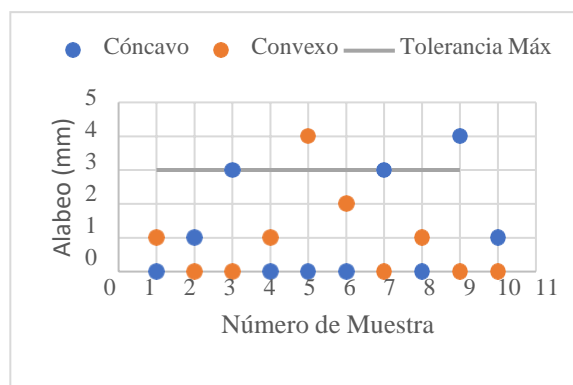
En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en las superficies de las unidades de mampostería ensayadas.



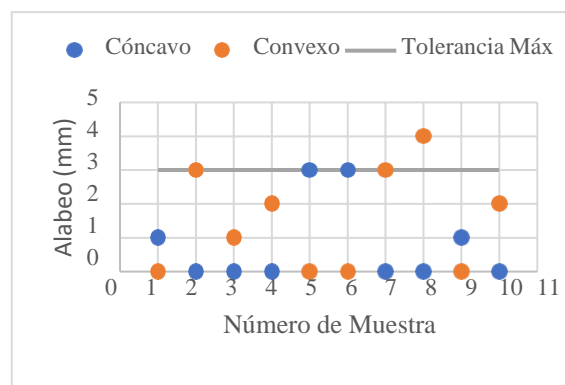
(a) Sección 1 (10cm x 20cm)



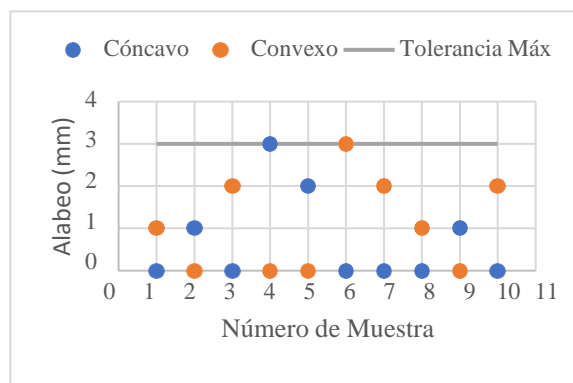
(b) Sección 2 (10cm x 20cm)



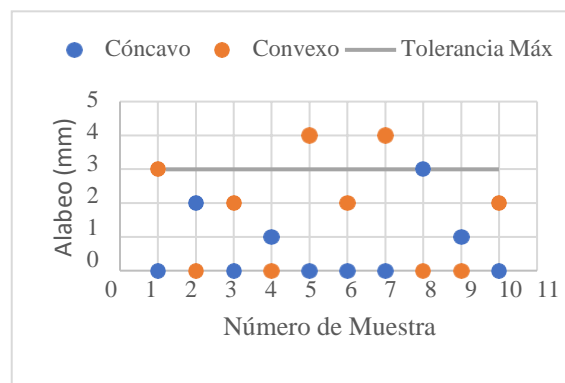
(c) Sección 1 (10cm x 30cm)



(d) Sección 2 (10cm x 30cm)



(e) Sección 1 (20cm x 30cm)

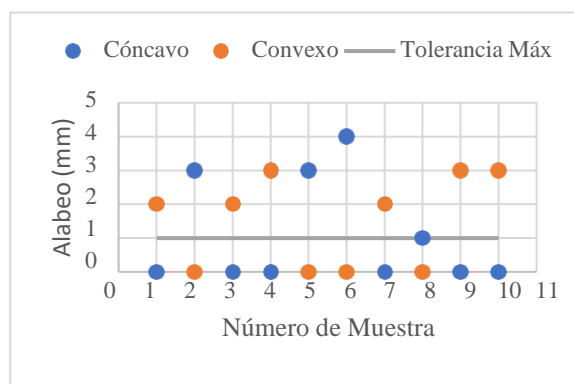


(f) Sección 2 (20cm x 30cm)

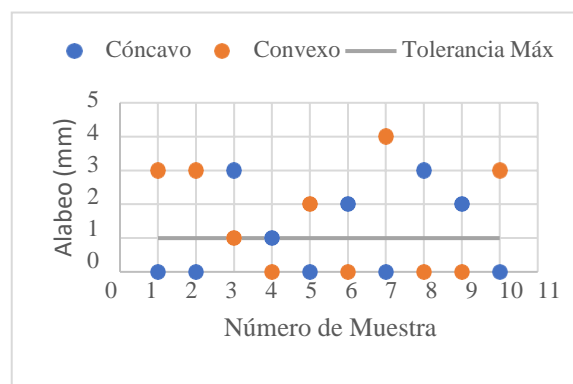
Figura 40. Alabeo en superficies de muestras extraídas de ladrillera D. (Fuente propia)

Tomando como referencia la tolerancia de distorsión para superficies de la Tabla 13, se determina que el 70% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica D no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, 7 de los 10 ladrillos ensayados presentan desviaciones en la superficie superiores al 1% de la dimensión de diseño.

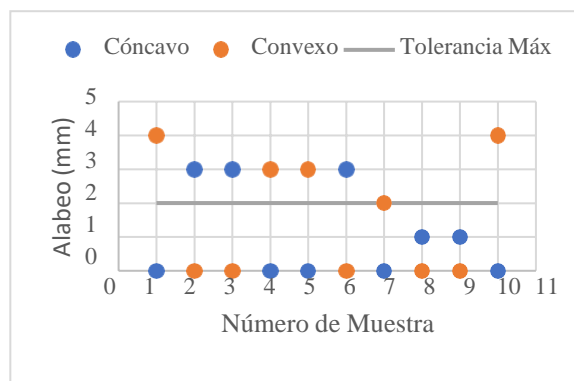
En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en los bordes.



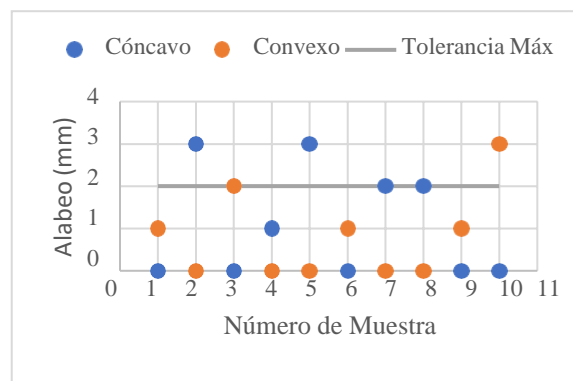
(a) Borde 1 (10cm)



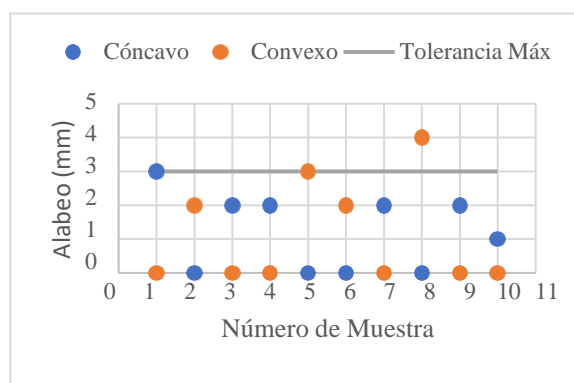
(b) Borde 2 (10cm)



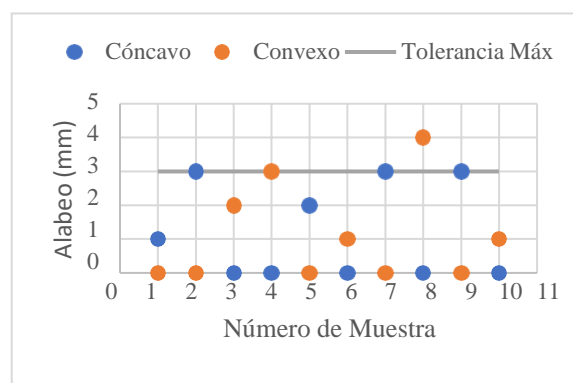
(c) Borde 1 (20cm)



(d) Borde 2 (20cm)



(e) Borde 1 (30cm)



(f) Borde 2 (30cm)

Figura 41. Alabeo en bordes de muestras extraídas de ladrillera D. (Fuente propia)

De acuerdo con la Tabla 13 donde se establece la tolerancia de distorsión para bordes en ladrillos, se determina que el 100% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica D no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, los 10 ladrillos ensayados presentan desviaciones en los bordes superiores al 1% de la dimensión de diseño.

4.1.2. Ladrillera E

4.1.2.1. Determinación de la masa

Al realizar el proceso de determinación de la masa para cada ladrillo de arcilla extraído de la Ladrillera E, se obtuvo un promedio de 3813gr, y una desviación estándar de 53.09gr; en la Figura 42 se presentan la dispersión de los resultados obtenidos en las mediciones de las masas de cada muestra ensayada.

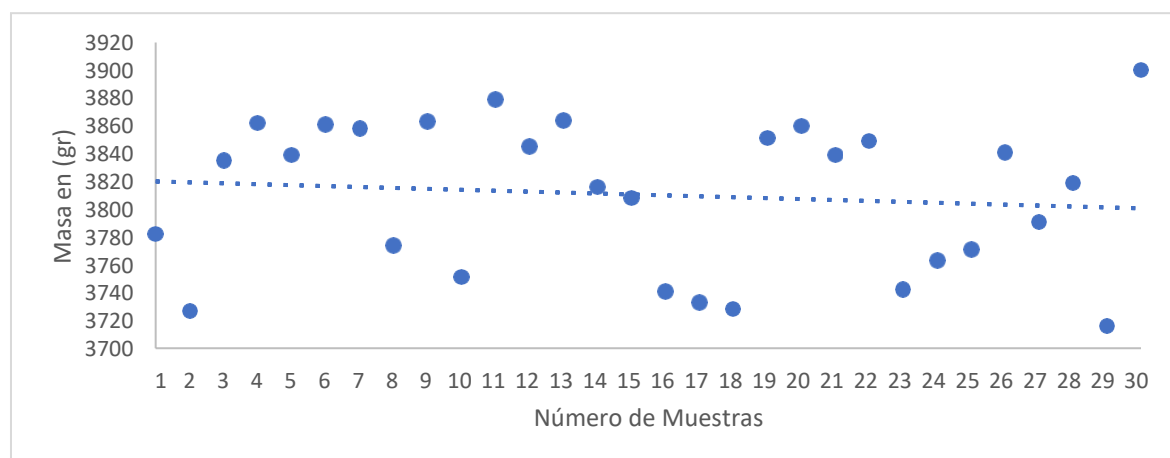


Figura 42. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera E. (Fuente Propia)

4.1.2.2. Módulo de rotura

Se calcula el módulo de rotura de cada ladrillo provenientes de la ladrillera E, obteniendo un valor mínimo de 0.88 Pa, un máximo de 1.48 y un promedio de 1.21 Pa, la desviación estándar que presentaron los resultados de los diez (10) ladrillos ensayados fue de 0.2 Pa.

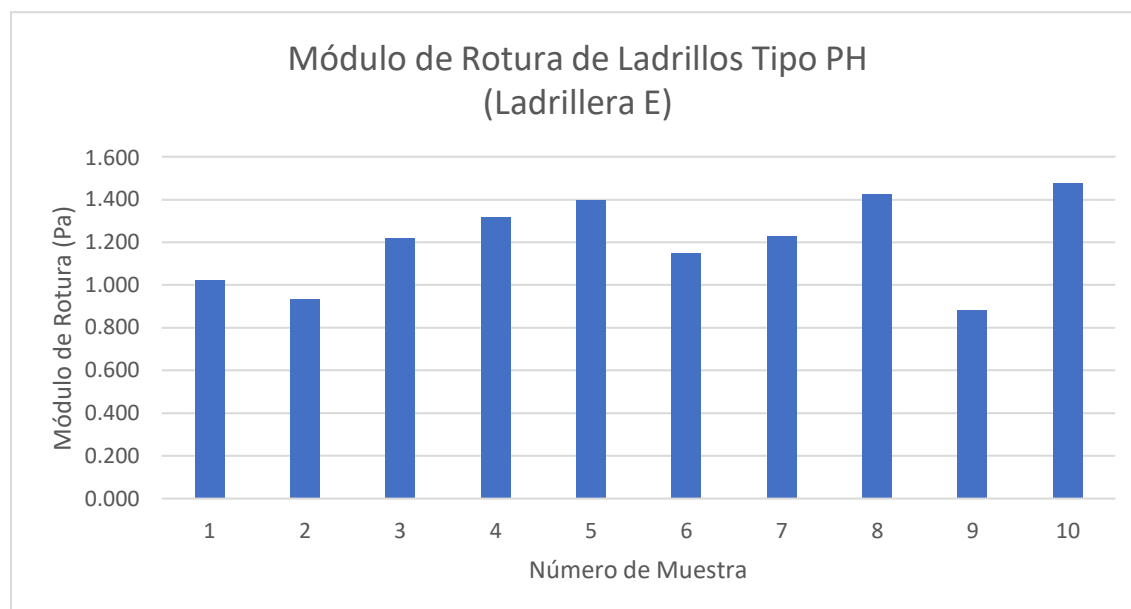


Figura 43. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera E. (Fuente Propia).

4.1.2.3. Resistencia a la compresión

Al calcular la resistencia a la compresión que presenta cada muestra de ladrillo de arcilla ensayada, al igual que el promedio por cada 5 unidades, se procede a comparar con los valores mínimos exigidos por la (NTC-4205, 2000) y corroborar si la ladrillera E cumple con este parámetro de calidad. En la Figura 44 y Figura 45 se presentan los resultados obtenidos de cada muestra, al igual que los valores de resistencia a compresión exigidos para ladrillos de uso estructural y ladrillos de uso no estructural respectivamente.

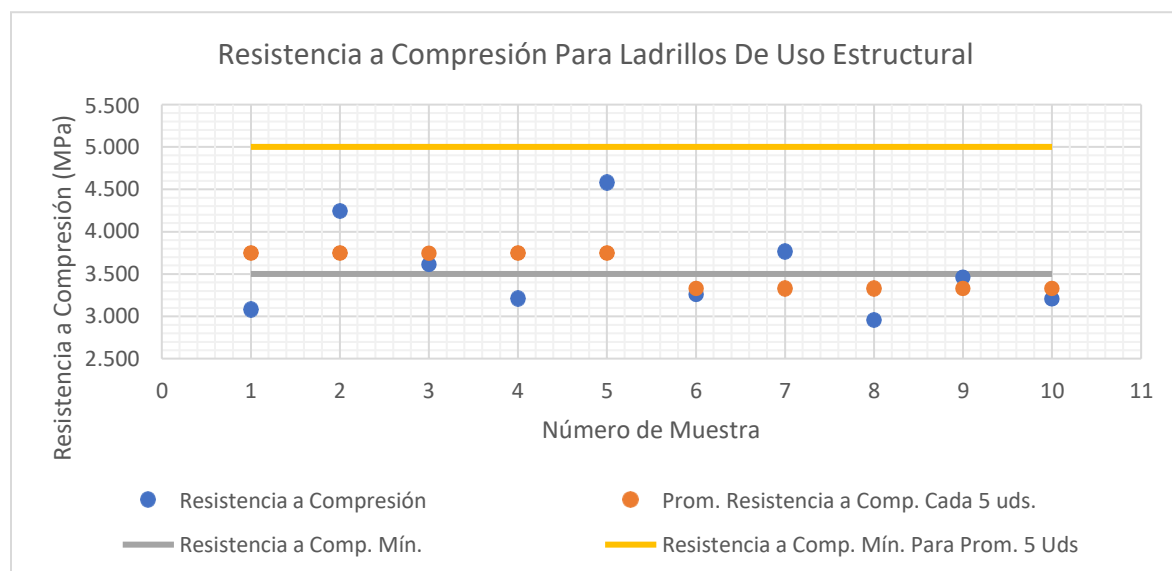


Figura 44. Resistencia a compresión de ladrillos de uso estructural extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia).

De acuerdo con la Figura 44 se logra observar que el 40% de los ladrillos con perforación horizontal ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso estructural, la cual es de 3.5 MPa; en la misma línea, los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas no cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 5 MPa.

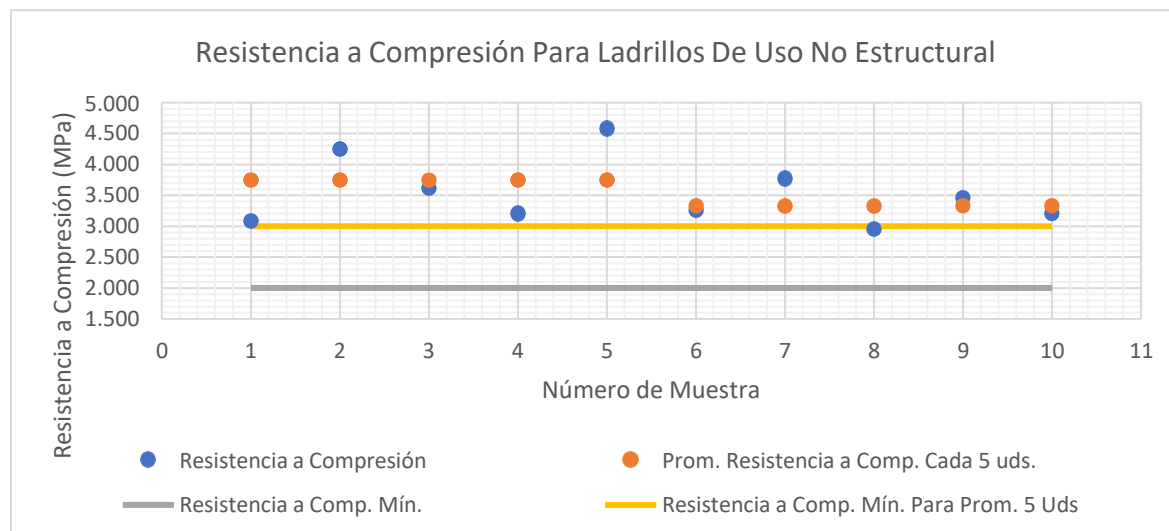


Figura 45. Resistencia a compresión de ladrillos de uso no estructural extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia).

La Figura 45 establece que el 100% de los ladrillos con perforación horizontal ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso no estructural, la cual es de 2.0 MPa; en la misma línea, también los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 3 MPa.

4.1.2.4. Absorción de agua

Se determina el porcentaje de absorción para cada unidad de mampostería de arcilla extraída de la ladrillera E, con el fin de establecer si cumple con la absorción máxima establecida por la (NTC-4205, 2000).

En la Figura 46 y Figura 47 se presentan las absorciones obtenidas para cada ladrillo con perforación horizontal y los valores máximos permitidos para ladrillos de uso estructural y no estructural respectivamente.

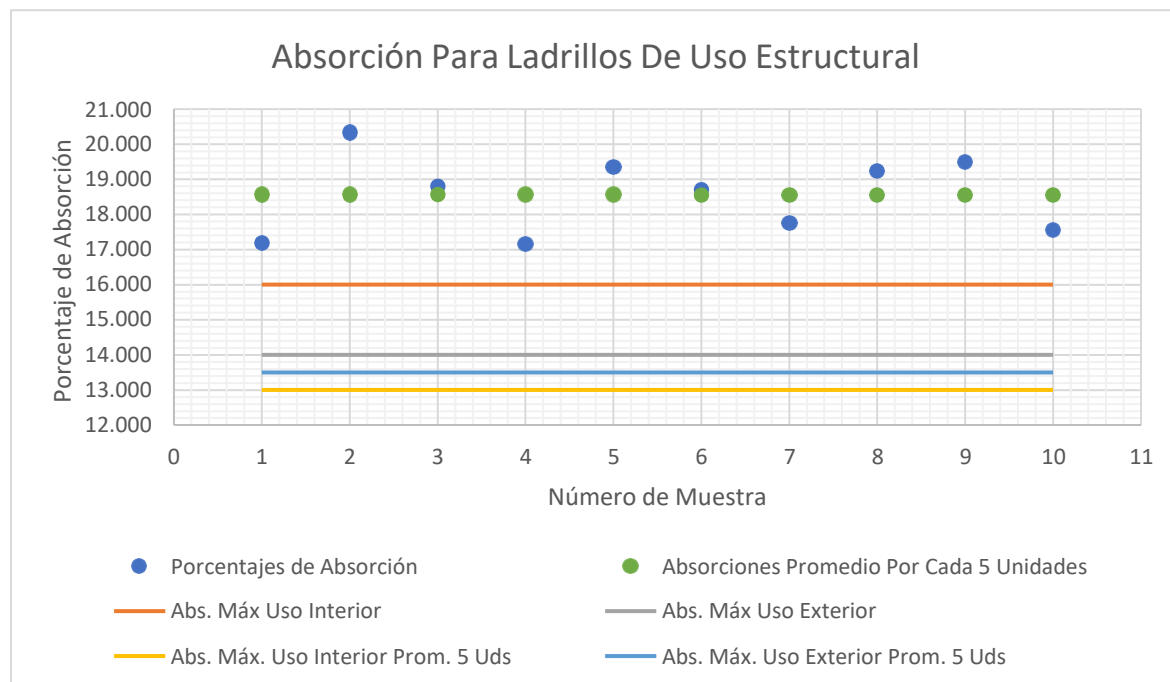


Figura 46. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso estructural de la ladrillera E.

(Fuente Propia).

En la Figura 46 se observa que, para uso estructural, el 100% de los ladrillos no cumplen con la absorción máxima para usos en interior, y así mismo, el 100% de estos ladrillos tampoco cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

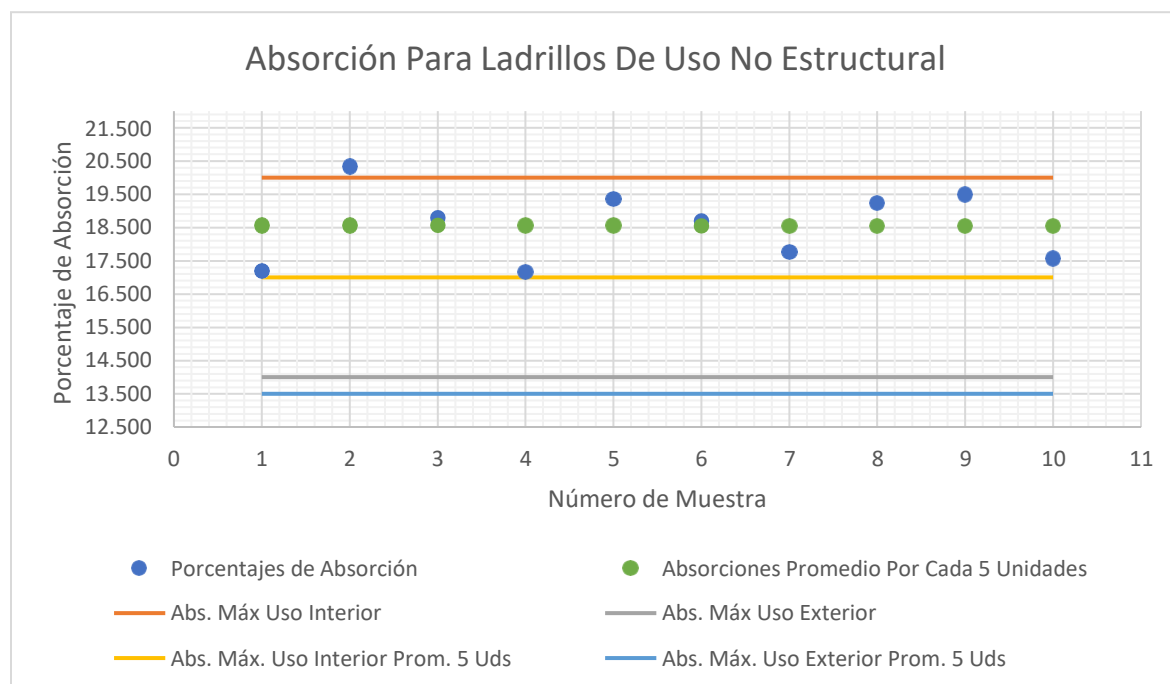


Figura 47. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera E.
(Fuente Propia).

En la Figura 47 se observa que, para uso no estructural, el 90% de los ladrillos cumplen con la absorción máxima para usos en interior, también, el 100% de estos ladrillos no cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

4.1.2.5. Medición dimensional

Utilizando la Ecuación 4 obtenemos la tolerancia dimensional máxima permitida por la NTC-4205 para cada dimensión de las unidades de mampostería de arcilla, la cual se presenta en la Tabla 14.

Tabla 14.

Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la fábrica Ladrillera E.

<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia dimensional (mm)</i>	<i>Rango de tolerancia (cm)</i>
Ancho	10.0	3	9.7 – 10.3
Alto	20.0	4	19.6 – 20.4
Largo	30.0	4	29.6 – 30.4

Nota: Tolerancia dimensional permitida por la Norma Técnica Colombiana con respecto a las dimensiones de diseño para ladrillos de arcilla. (Fuente propia).

En las siguientes figuras se presentan las medidas promedio de los ladrillos de arcilla (ancho, alto y largo), extraídos de la fábrica Ladrillera E; y así mismo, la tolerancia máxima y mínima de cada una de las dimensiones.

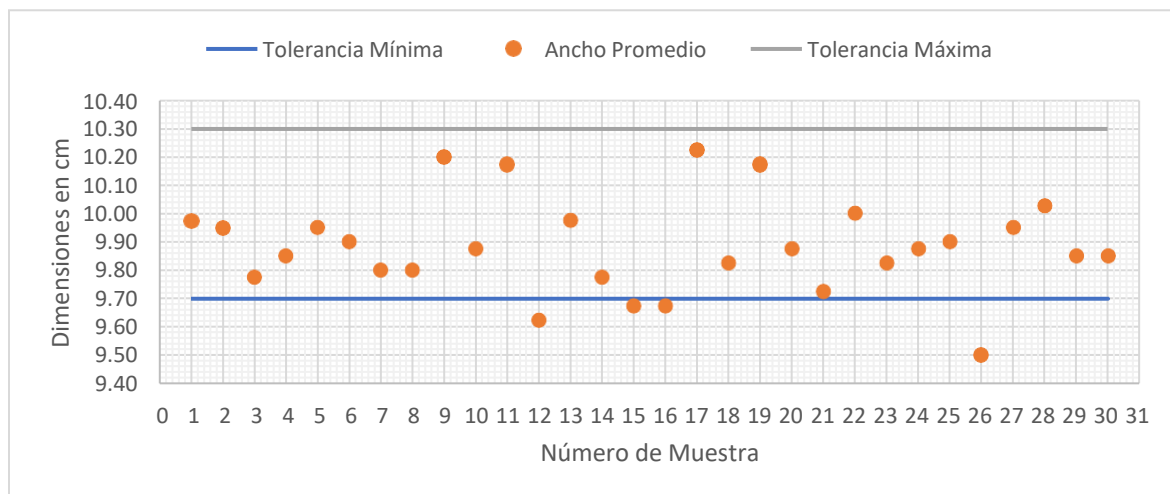


Figura 48. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera E. (fuente propia).

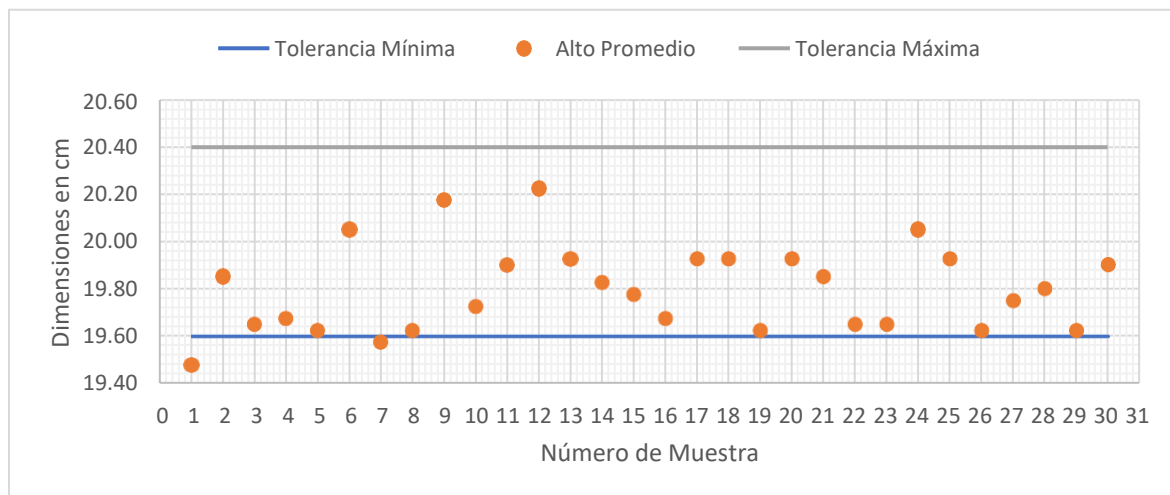


Figura 49. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera E. (fuente propia).

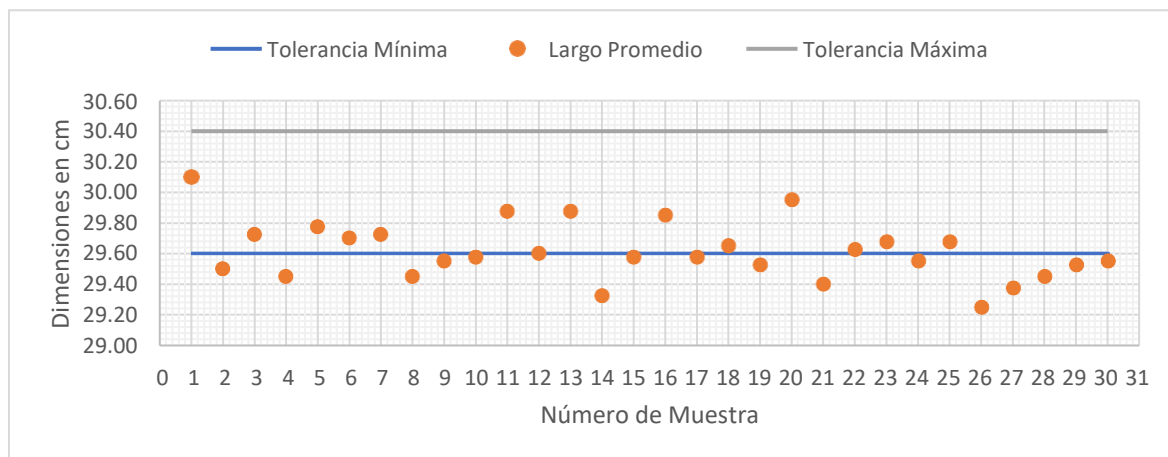


Figura 50. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera E. (fuente propia).

Con base en lo anterior, se logra determinar que un 67% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica Ladrillera E no cumplen con la tolerancia dimensional establecida por la (NTC-4205, 2000); es decir, 20 de las 30 muestras estudiadas están por debajo de las medidas de ancho, alto y largo mínimas determinado en la Tabla 14.

En la Figura 51 se logra observar que la mayor variación dimensional de la medida real en comparación con la de diseño es el ancho, con un valor de 5.00%.

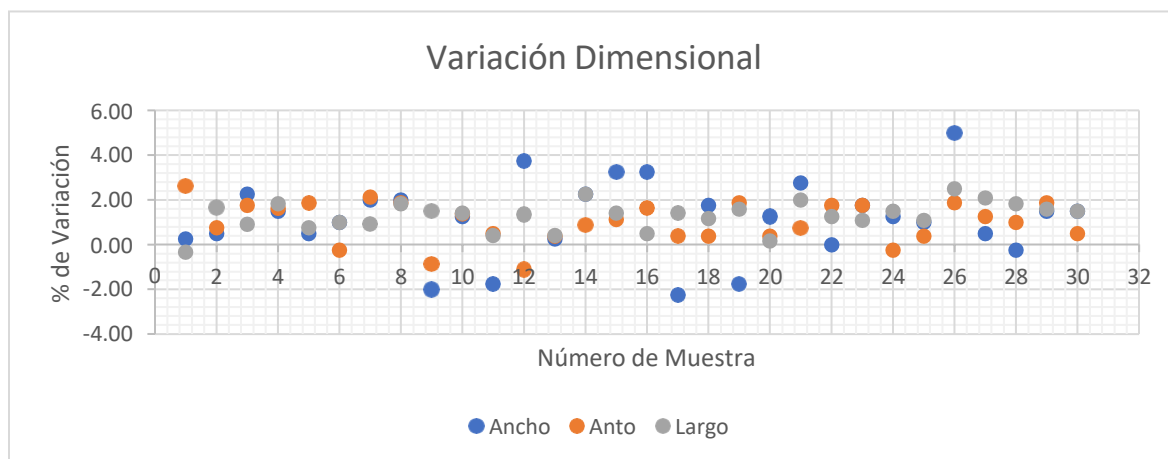


Figura 51. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera E. (Fuente Propia).

4.1.2.6. Medición de alabeo

Para la medición de alabeo de ladrillos de arcilla provenientes de la fábrica Ladrillera E, se determinan en la Tabla 15 las tolerancias establecidas por la (NTC-4205, 2000) para cada una de las superficies y bordes, la cual des del 1% de la dimensión de diseño.

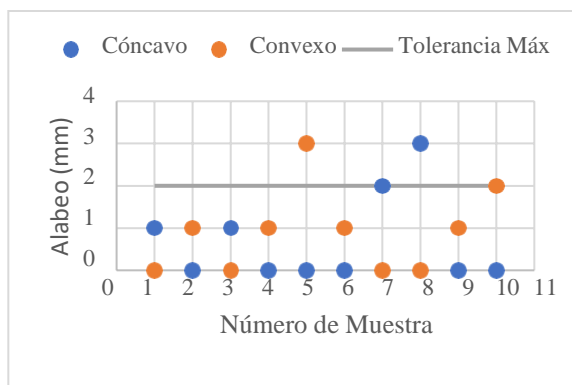
Tabla 15.

Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la fábrica Ladrillera E.

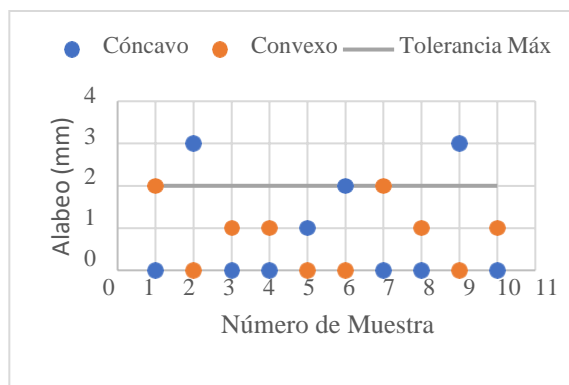
Alabeo en superficies			Alabeo en bordes		
Medida	Dimensión de diseño (cm)	Tolerancia de distorsión (mm)	Medida	Dimensión de diseño (cm)	Tolerancia de distorsión (mm)
A x H	10.0 x 20.0	2	Ancho	10.0	1
A x H	10.0 x 30.0	3	Alto	20.0	2
A x H	20.0 x 30.0	3	Largo	30.0	3

Nota: Tolerancia de distorsión máxima permitida por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla (A: ancho, H: alto). (Fuente propia).

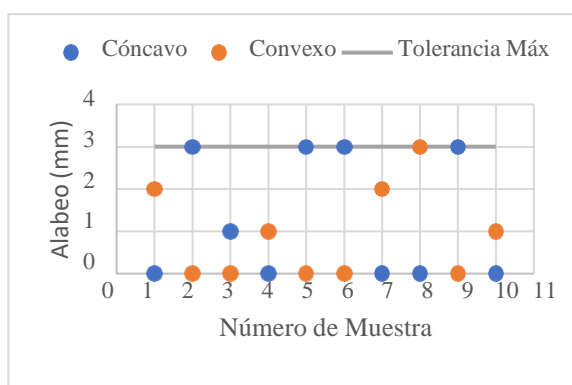
En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en las superficies de las unidades de mampostería ensayadas.



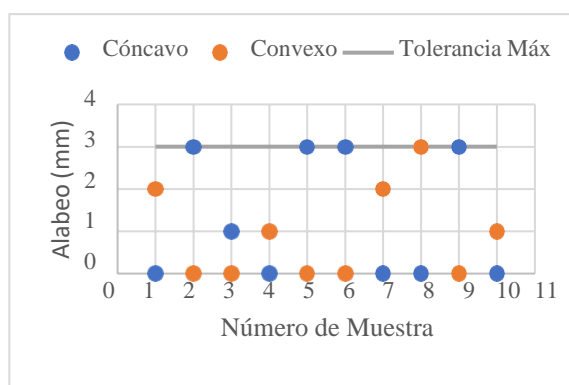
(a) Sección 1 (10cm x 20cm)



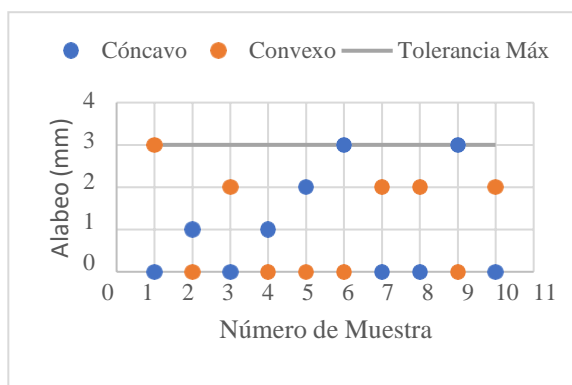
(b) Sección 2 (10cm x 20cm)



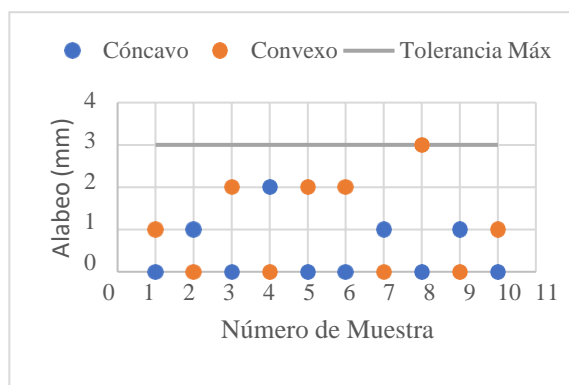
(c) Sección 1 (10cm x 30cm)



(d) Sección 2 (10cm x 30cm)



(e) Sección 1 (20cm x 30cm)



(f) Sección 2 (20cm x 30cm)

Figura 52. Alabeo en superficies de muestras extraídas de Ladrillera E. (Fuente propia).

Tomando como referencia la tolerancia de distorsión para superficies de la Tabla 15, se determina que el 40% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica Ladrillera E no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, 4 de los 10 ladrillos ensayados

presentan desviaciones en la superficie superiores al 1% de la dimensión de diseño.

En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en los

bordes.

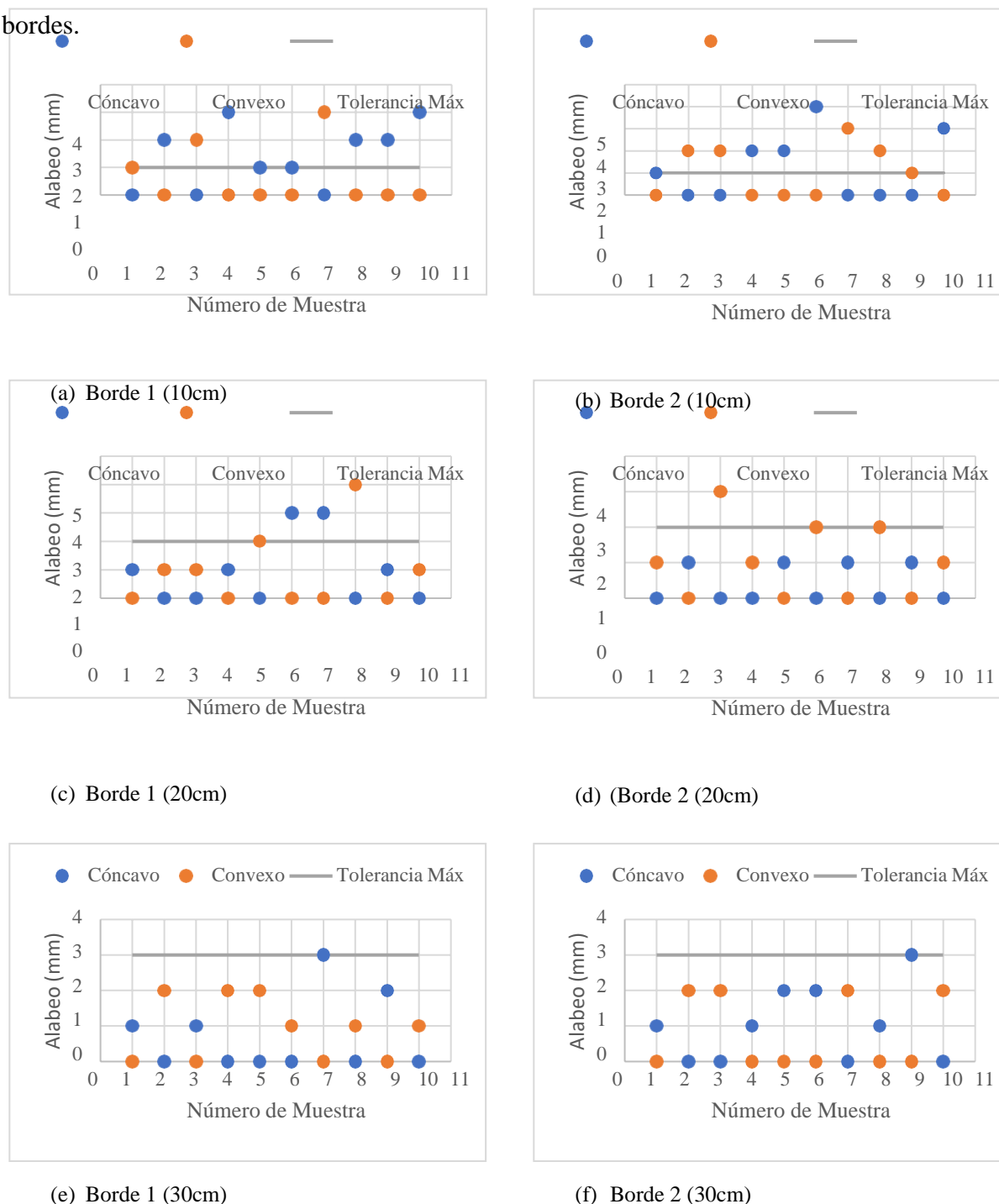


Figura 53. Alabeo en bordes de muestras extraídas de Ladrillera E. (Fuente propia)

De acuerdo con la Tabla 15 donde se establece la tolerancia de distorsión para bordes en ladrillos, se determina que el 100% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la

fábrica Ladrillera E no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, los 10 ladrillos ensayados presentan desviaciones en los bordes superiores al 1% de la dimensión de diseño.

4.1.3. Ladrillera F

4.1.3.1. Determinación de la masa

Al realizar el proceso de determinación de la masa para cada ladrillo de arcilla extraído de la Ladrillera F, se obtuvo un promedio de 3826gr, y una desviación estándar de 54.36gr; en la Figura 54 se presentan la dispersión de los resultados obtenidos en las mediciones de las masas de cada muestra ensayada.

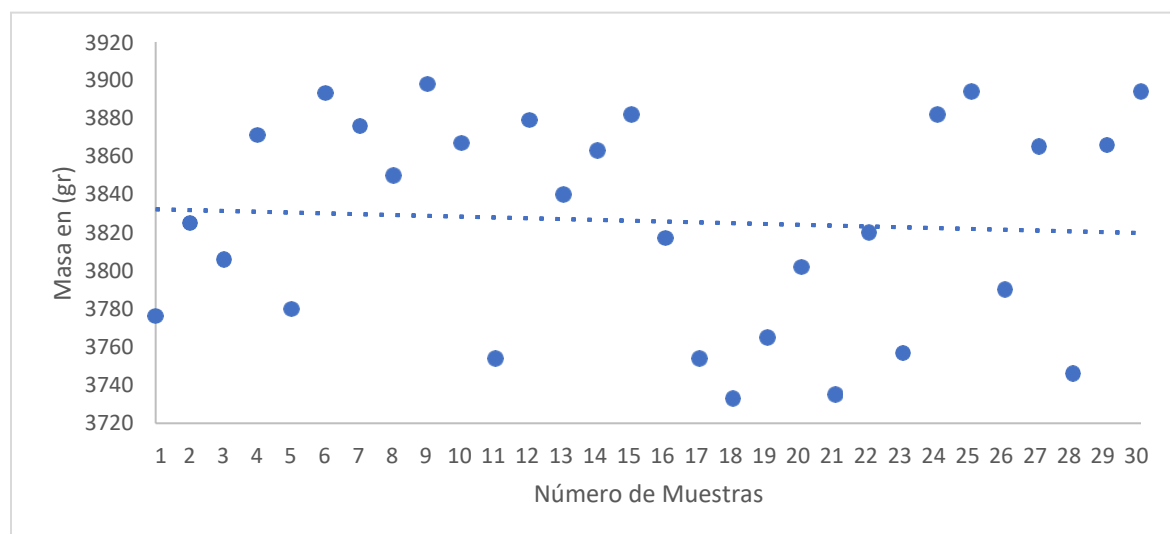


Figura 54. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera F. (Fuente Propia).

4.1.3.2. Módulo de rotura

Se calcula el módulo de rotura de cada ladrillo provenientes de la ladrillera F, obteniendo un valor mínimo de 0.88 Pa, un máximo de 1.52 y un promedio de 1.26 Pa, la desviación estándar que presentaron los resultados de los diez (10) ladrillos ensayados fue de 0.18 Pa.

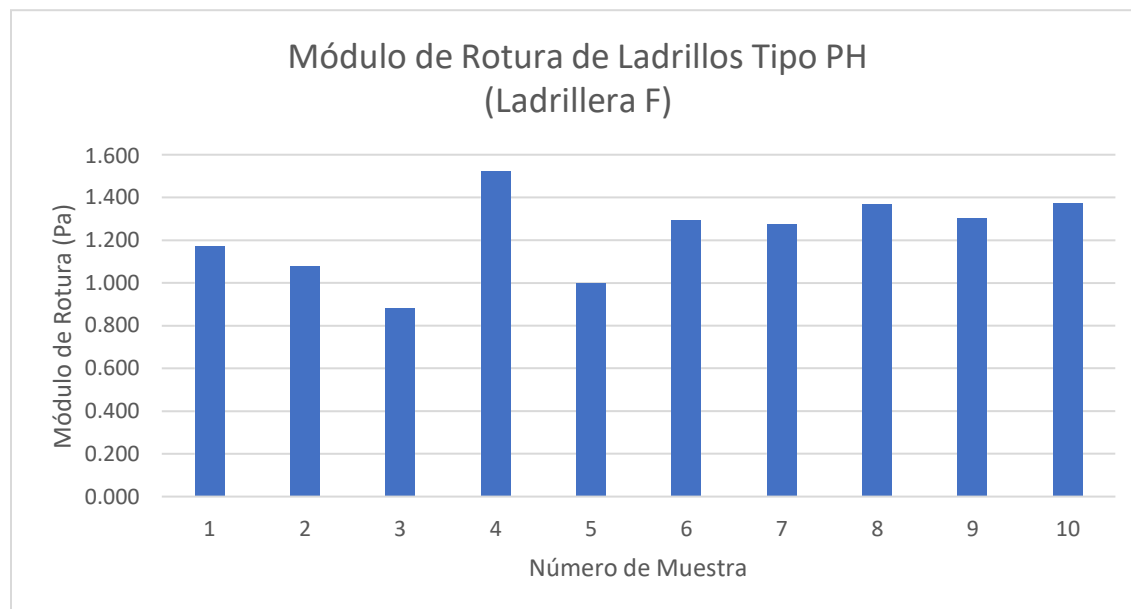


Figura 55. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera F. (Fuente Propia)

4.1.3.3. Resistencia a la compresión

Al calcular la resistencia a la compresión que presenta cada muestra de ladrillo de arcilla ensayada, al igual que el promedio por cada 5 unidades, se procede a comparar con los valores mínimos exigidos por la (NTC-4205, 2000) y corroborar si la ladrillera F cumple con este parámetro de calidad. En la Figura 56 y Figura 57 se presentan los resultados obtenidos de cada muestra, al igual que los valores de resistencia a compresión exigidos para ladrillos de uso estructural y ladrillos de uso no estructural respectivamente.

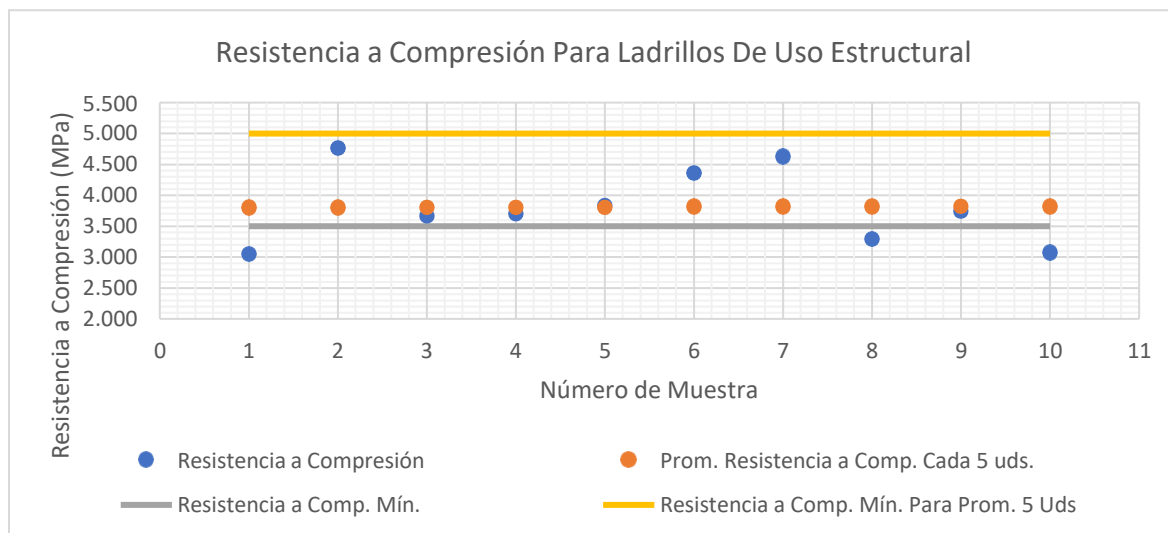


Figura 56. Resistencia a compresión de ladrillos de uso estructural extraídos de Ladrillera F. (Fuente Propia)

De acuerdo con la Figura 56 se logra observar que el 70% de los ladrillos con perforación horizontal ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso estructural, la cual es de 3.5 MPa; en la misma línea, los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas no cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 5 MPa

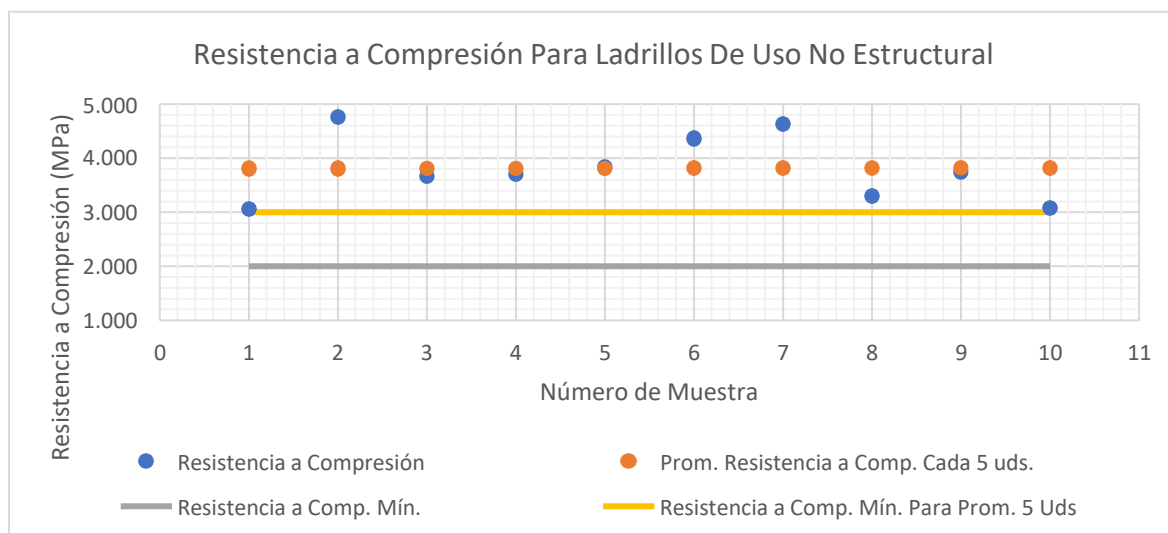


Figura 57. Resistencia a compresión de ladrillos de uso no estructural extraídos de Ladrillera F. (Fuente Propia).

En la Figura 57 establece que el 100% de los ladrillos con perforación horizontal ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso no estructural, la cual es de 2.0 MPa; en la misma línea, también los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 3 MPa.

4.1.3.4. Absorción de agua

Se determina el porcentaje de absorción para cada unidad de mampostería de arcilla extraída de la ladrillera F, con el fin de establecer si cumple con la absorción máxima establecida por la (NTC-4205, 2000).

En la Figura 58 y Figura 59 se presentan las absorciones obtenidas para cada ladrillo con perforación horizontal y los valores máximos permitidos para ladrillos de uso estructural y no estructural respectivamente.

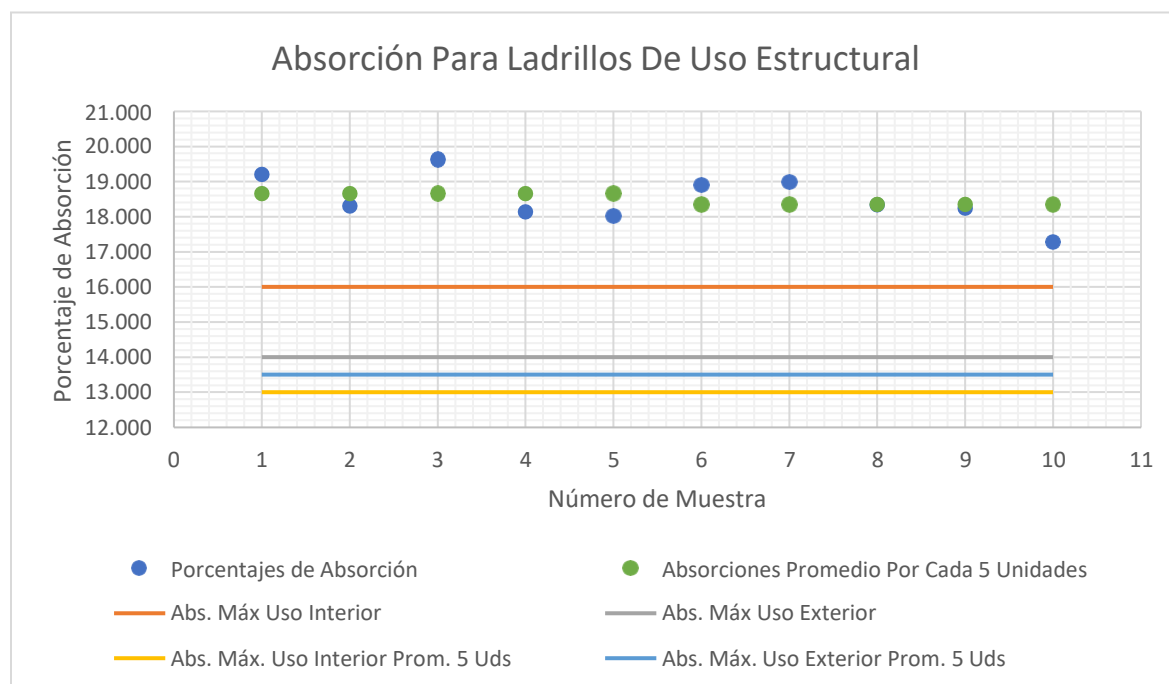


Figura 58. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso estructural de la ladrillera F. (Fuente Propia).

En la Figura 58 se observa que, para uso estructural, el 100% de los ladrillos no cumplen con la absorción máxima para usos en interior, y así mismo, el 100% de estos ladrillos tampoco cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

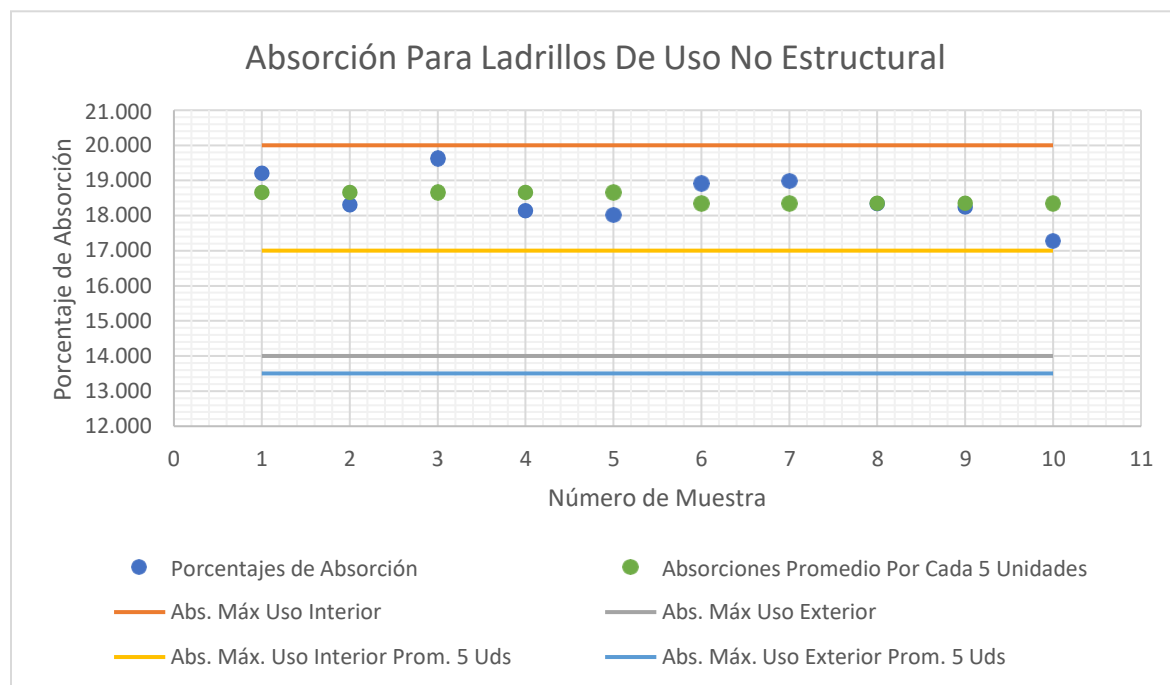


Figura 59. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera F. (Fuente Propia).

En la Figura 59 se observa que, para uso no estructural, el 100% de los ladrillos cumplen con la absorción máxima para usos en interior, por el contrario, el 100% de estos ladrillos no cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

4.1.3.5. Medición dimensional

Utilizando la Ecuación 4 obtenemos la tolerancia dimensional máxima permitida por la NTC-4205 para cada dimensión de las unidades de mampostería de arcilla, la cual se presenta en la Tabla 16.

Tabla 16.

Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la fábrica Ladrillera F.

<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia dimensional (mm)</i>	<i>Rango de tolerancia (cm)</i>
Ancho	10.0	3	9.7 – 10.3
Alto	20.0	4	19.6 – 20.4
Largo	30.0	4	29.6 – 30.4

Nota: Tolerancia dimensional permitida por la Norma Técnica Colombiana con respecto a las dimensiones de diseño para ladrillos de arcilla. (Fuente propia).

En las siguientes figuras se presentan las medidas promedio de los ladrillos de arcilla (ancho, alto y largo), extraídos de la fábrica Ladrillera F; y así mismo, la tolerancia máxima y mínima de cada una de las dimensiones.

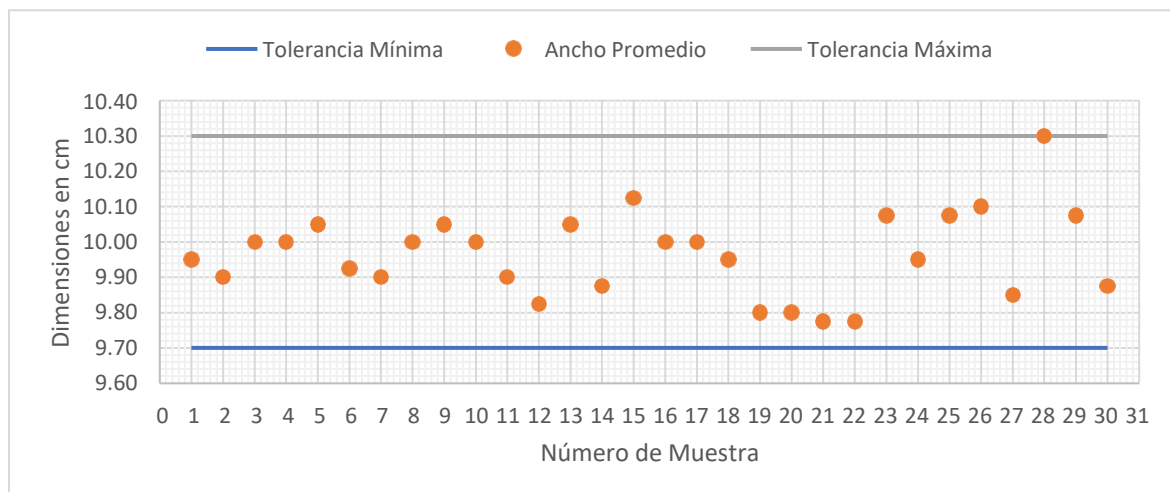


Figura 60. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera F. (fuente propia).

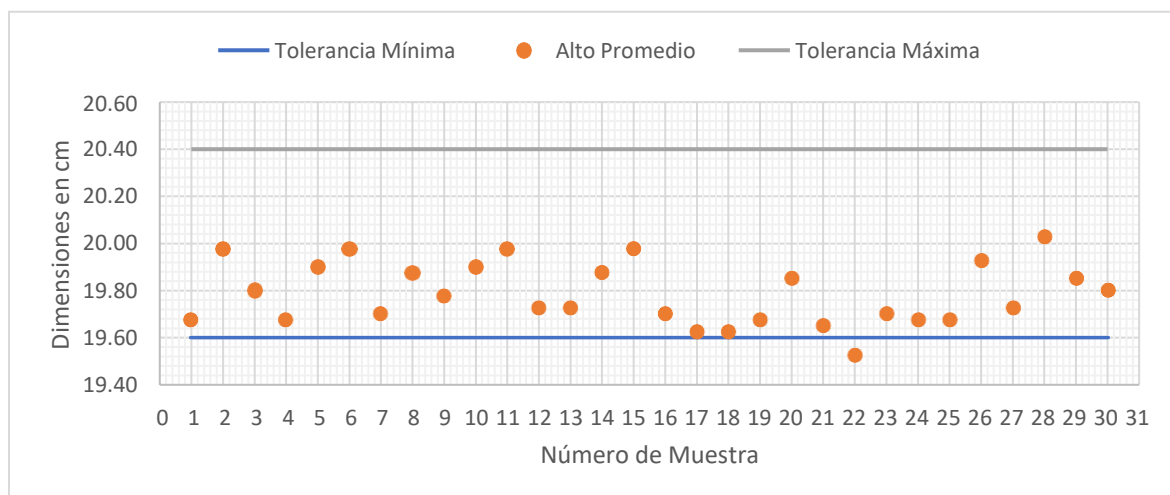


Figura 61. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera F (fuente propia)

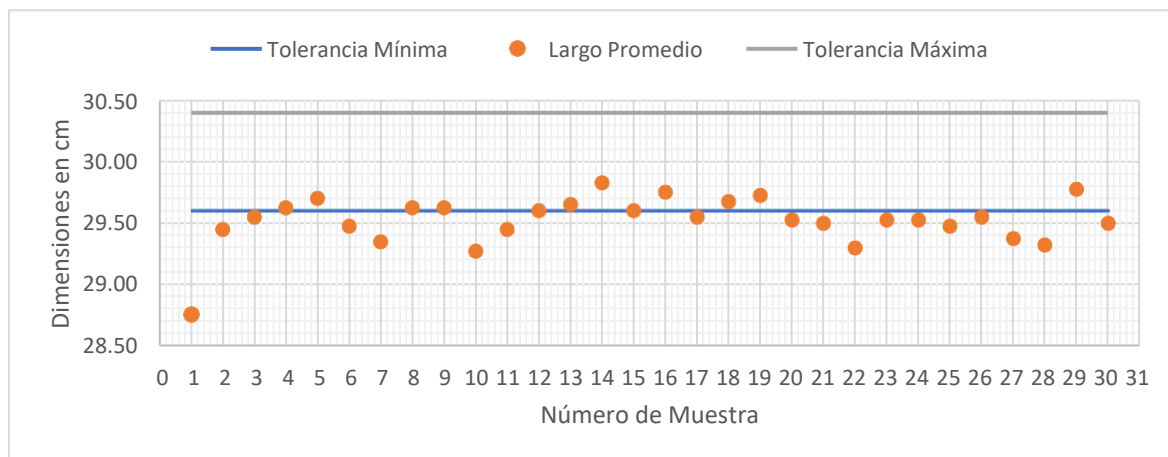


Figura 62. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera F (fuente propia)

Con base en lo anterior, se logra determinar que un 60% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica Ladrillera F no cumplen con la tolerancia dimensional establecida por la (NTC-4205, 2000); es decir, 18 de las 30 muestras estudiadas están por debajo de las medidas de ancho, alto y largo mínimas determinado en la Tabla 16.

En la Figura 63 se logra observar que la mayor variación dimensional de la medida real en comparación con la de diseño es el largo, con un valor de 4.17%.

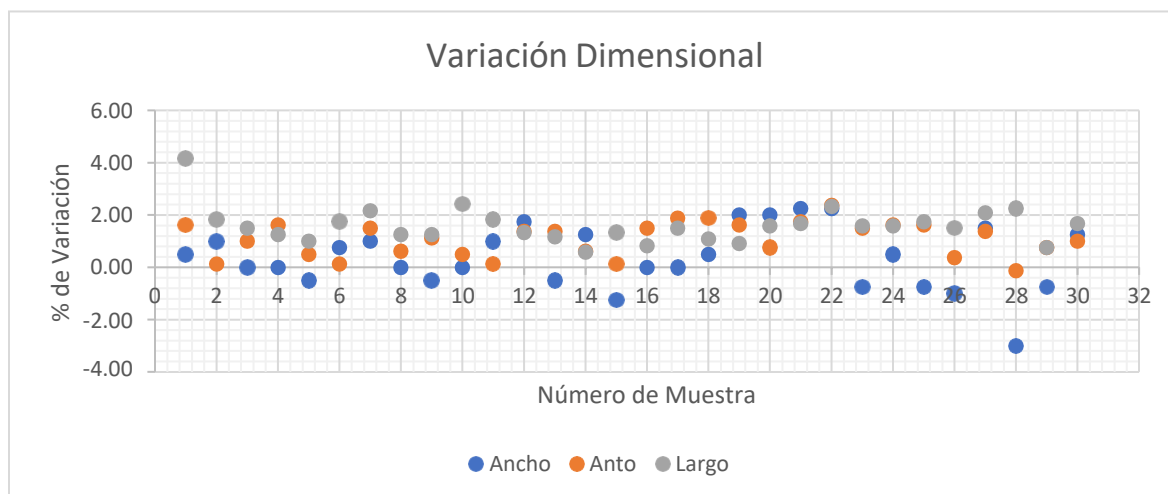


Figura 63. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera F. (Fuente Propia).

4.1.3.6. Medición de alabeo

Para la medición de alabeo de ladrillos de arcilla provenientes de la fábrica Ladrillera F, se determinan en la Tabla 17 las tolerancias establecidas por la (NTC-4205, 2000) para cada una de las superficies y bordes, la cual des del 1% de la dimensión de diseño.

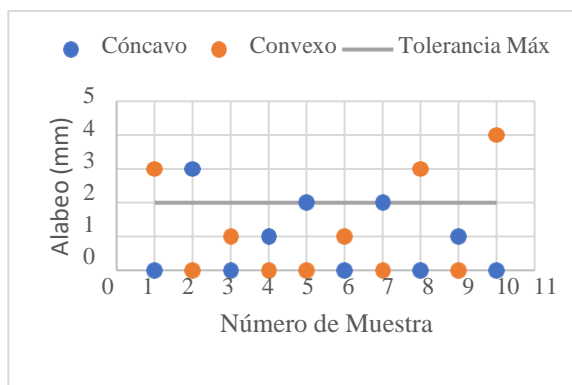
Tabla 17

Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la fábrica Ladrillera F.

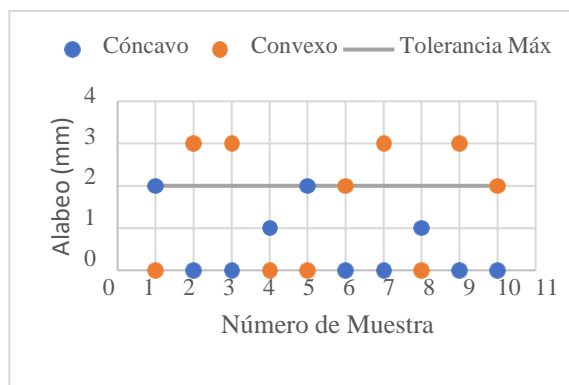
<i>Alabeo en superficies</i>			<i>Alabeo en bordes</i>		
<i>Medida</i>	<i>Dimensión de</i>	<i>Tolerancia de</i>	<i>Medida</i>	<i>Dimensión de</i>	<i>Tolerancia de</i>
	<i>diseño (cm)</i>	<i>distorsión (mm)</i>		<i>diseño (cm)</i>	<i>distorsión (mm)</i>
A x H	10.0 x 20.0	2	Ancho	10.0	1
A x H	10.0 x 30.0	3	Alto	20.0	2
A x H	20.0 x 30.0	3	Largo	30.0	3

Nota: Tolerancia de distorsión máxima permitida por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla (A: ancho, H: alto). (Fuente propia).

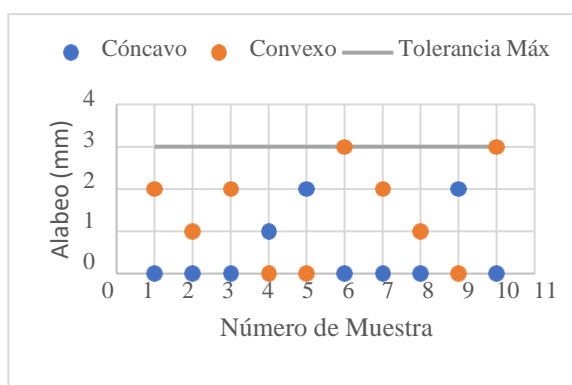
En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en las superficies de las unidades de mampostería ensayadas.



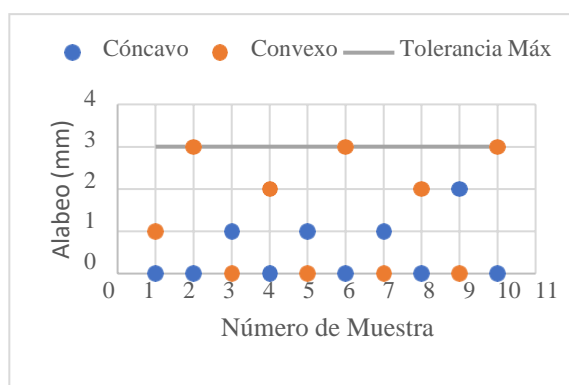
(a) Sección 1 (10cm x 20cm)



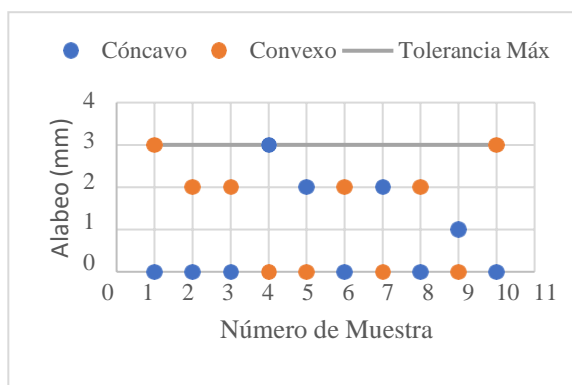
(b) Sección 2 (10cm x 20cm)



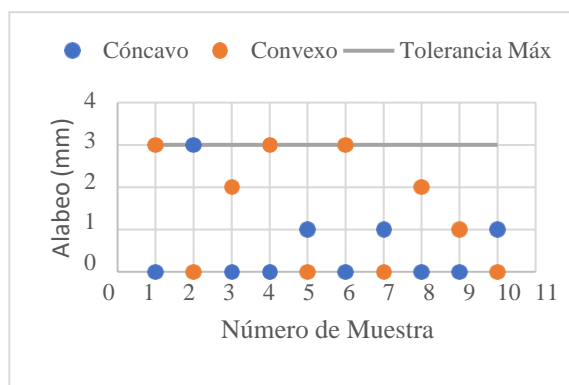
(c) Sección 1 (10cm x 30cm)



(d) Sección 2 (10cm x 30cm)



(e) Sección 1 (20cm x 30cm)

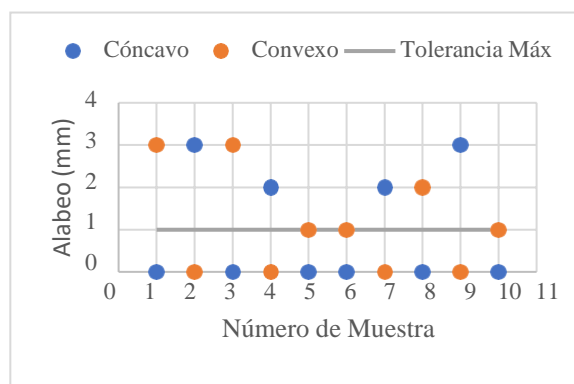


(g) Sección 2 (20cm x 30cm)

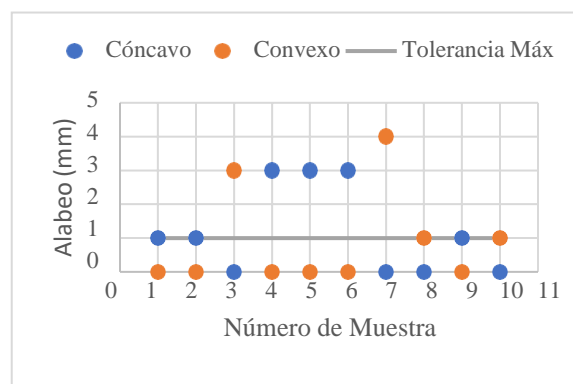
Figura 64. Alabeo en superficies de muestras extraídas de Ladrillera F. (Fuente propia).

Tomando como referencia la tolerancia de distorsión para superficies de la Tabla 17, se determina que el 70% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica Ladrillera F no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, 7 de los 10 ladrillos ensayados

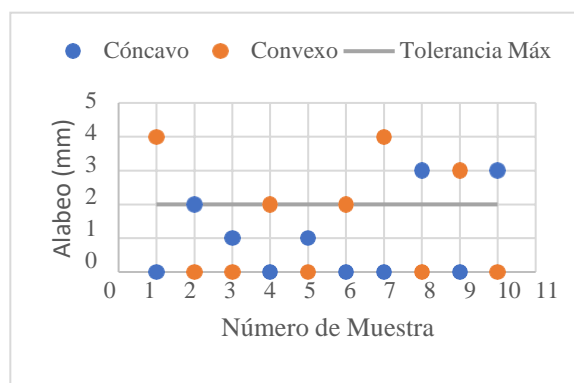
presentan desviaciones en la superficie superiores al 1% de la dimensión de diseño. En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en los bordes.



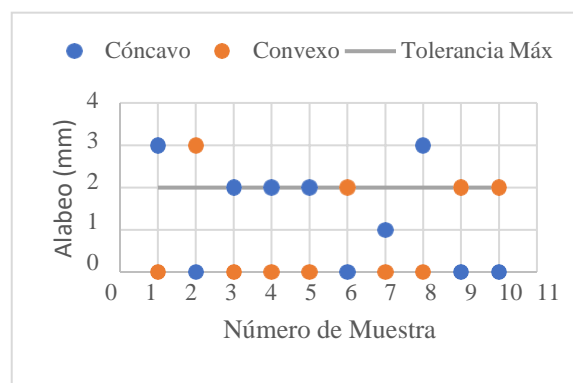
(a) Borde 1 (10cm)



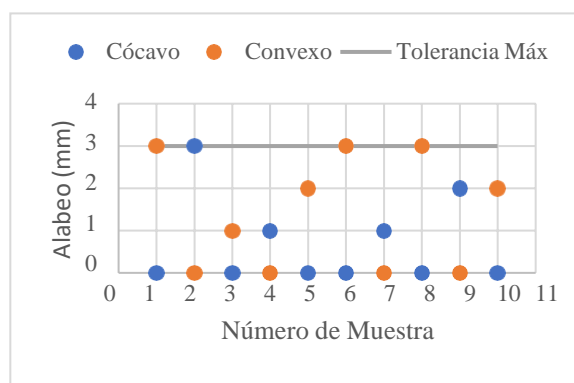
(b) Borde 2 (10cm)



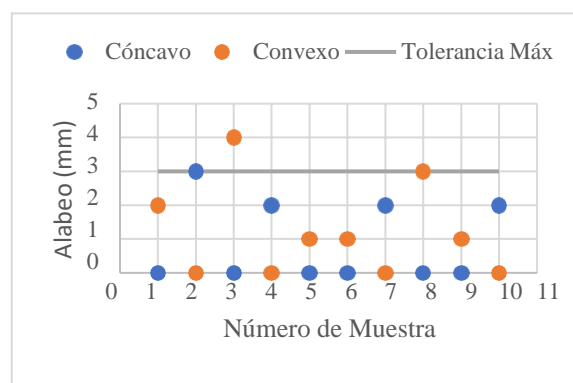
(c) Borde 1 (20cm)



(d) Borde 2 (20cm)



(e) Borde 1 (30cm)



(f) Borde 2 (30cm)

Figura 65. Alabeo en bordes de muestras extraídas de Ladrillera F. (Fuente propia).

De acuerdo con la Tabla 17 donde se establece la tolerancia de distorsión para bordes en ladrillos, se determina que el 100% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica Ladrillera F no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, los 10 ladrillos ensayados presentan desviaciones en los bordes superiores al 1% de la dimensión de diseño.

4.1.4. Ladrillera G

4.1.4.1. Determinación de la masa

Al realizar el proceso de determinación de la masa para cada ladrillo de arcilla extraído de la Ladrillera G, se obtuvo un promedio de 3801gr, y una desviación estándar de 53.52gr; en la Figura 66 se presentan la dispersión de los resultados obtenidos en las mediciones de las masas de cada muestra ensayada.

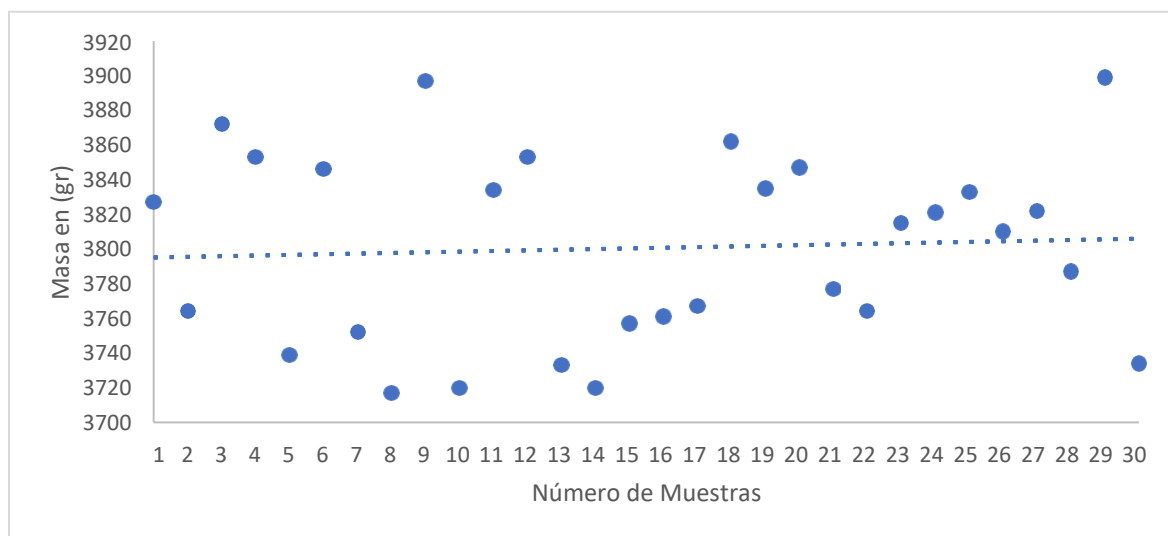


Figura 66. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera G. (Fuente Propia).

4.1.4.2. Módulo de rotura

Se calcula el módulo de rotura de cada ladrillo provenientes de la ladrillera G, obteniendo un valor mínimo de 1.10 Pa, un máximo de 1.57 y un promedio de 1.28 Pa, la desviación estándar que presentaron los resultados de los diez (10) ladrillos ensayados fue de 0.16 Pa.

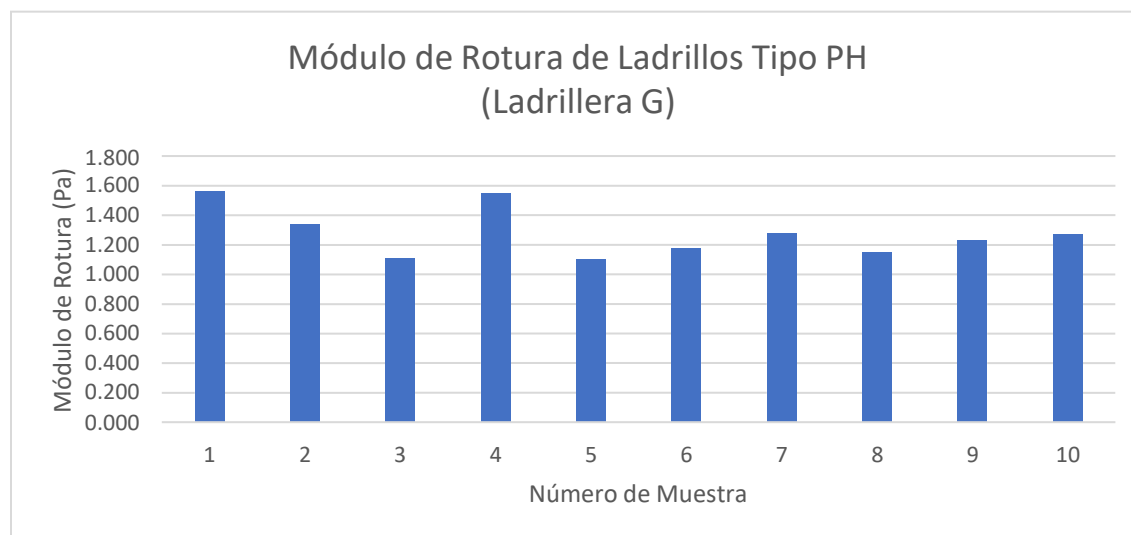


Figura 67. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera G. (Fuente Propia).

4.1.4.3. Resistencia a la compresión

Al calcular la resistencia a la compresión que presenta cada muestra de ladrillo de arcilla ensayada, al igual que el promedio por cada 5 unidades, se procede a comparar con los valores mínimos exigidos por la (NTC-4205, 2000) y corroborar si la ladrillera G cumple con este parámetro de calidad. En las Figura 68 y Figura 69 se presentan los resultados obtenidos de cada muestra, al igual que los valores de resistencia a compresión exigidos para ladrillos de uso estructural y ladrillos de uso no estructural respectivamente.

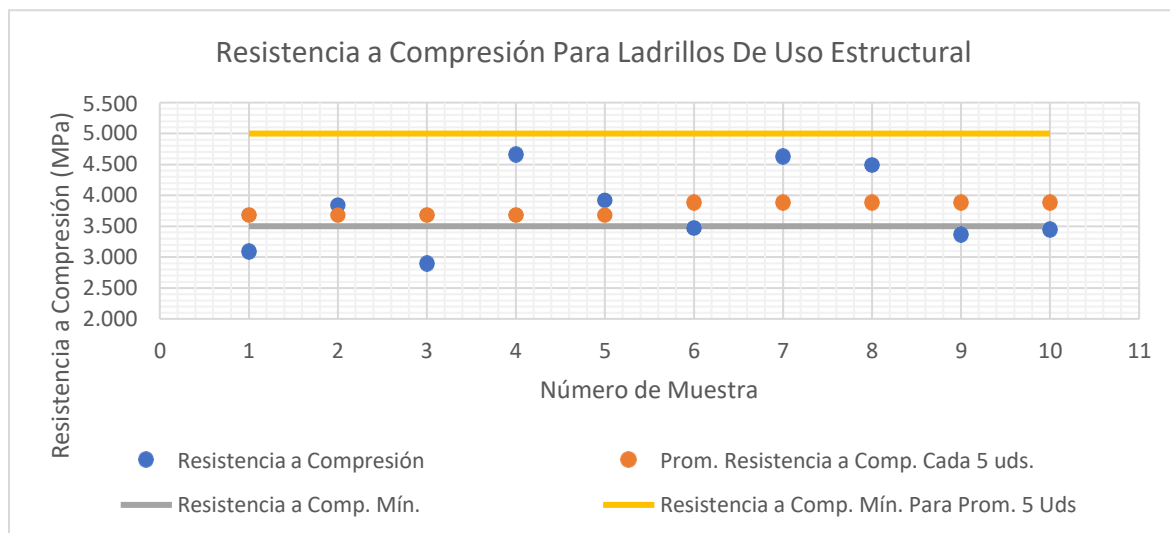


Figura 68. Resistencia a compresión de ladrillos de uso estructural extraídos de Ladrillera G. (Fuente Propia).

De acuerdo con la Figura 68 se logra observar que el 50% de los ladrillos con perforación horizontal ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso estructural, la cual es de 3.5 MPa; en la misma línea, los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas no cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 5 MPa

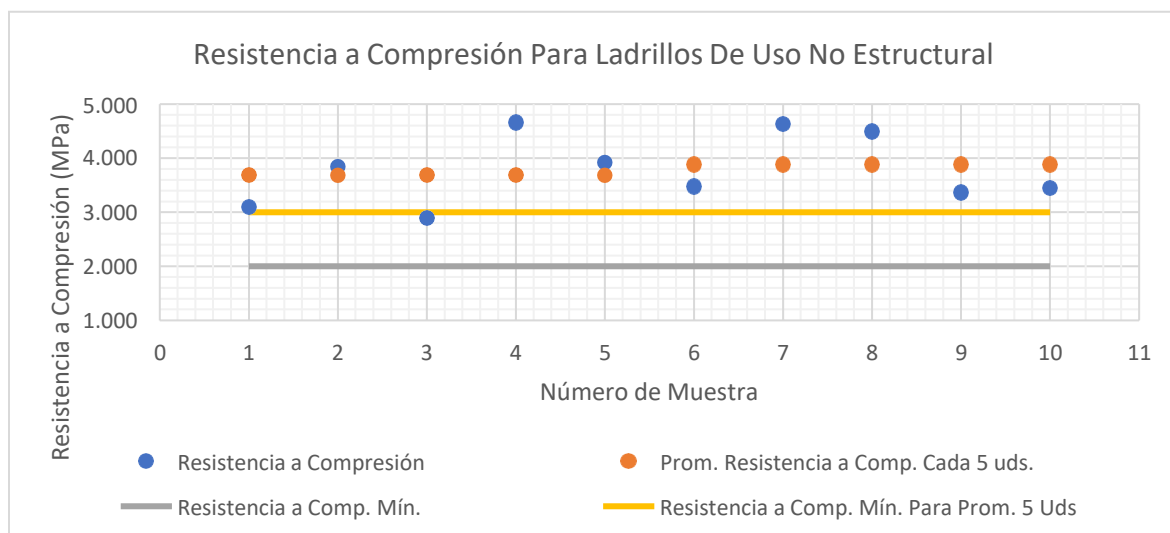


Figura 69. Resistencia a compresión de ladrillos de uso no estructural extraídos de Ladrillera G. (Fuente Propia).

En la Figura 69 establece que el 100% de los ladrillos con perforación horizontal ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso no estructural, la cual es de 2.0 MPa; en la misma línea, también los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 3 MPa.

4.1.4.4. Absorción de agua

Se determina el porcentaje de absorción para cada unidad de mampostería de arcilla extraída de la ladrillera G, con el fin de establecer si cumple con la absorción máxima establecida por la (NTC-4205, 2000).

En la Figura 70 y Figura 71 se presentan las absorciones obtenidas para cada ladrillo con perforación horizontal y los valores máximos permitidos para ladrillos de uso estructural y no estructural respectivamente.

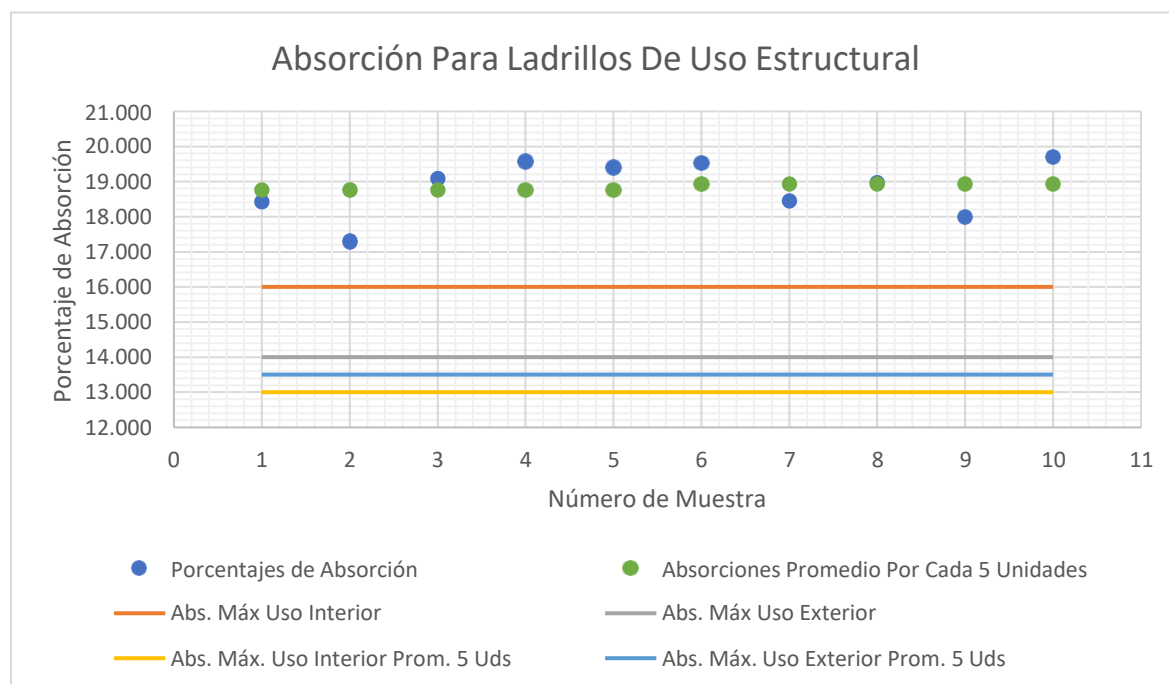


Figura 70. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso estructural de la ladrillera G. (Fuente Propia).

En la Figura 70 se observa que, para uso estructural, el 100% de los ladrillos no cumplen con la absorción máxima para usos en interior, y así mismo, el 100% de estos ladrillos tampoco cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

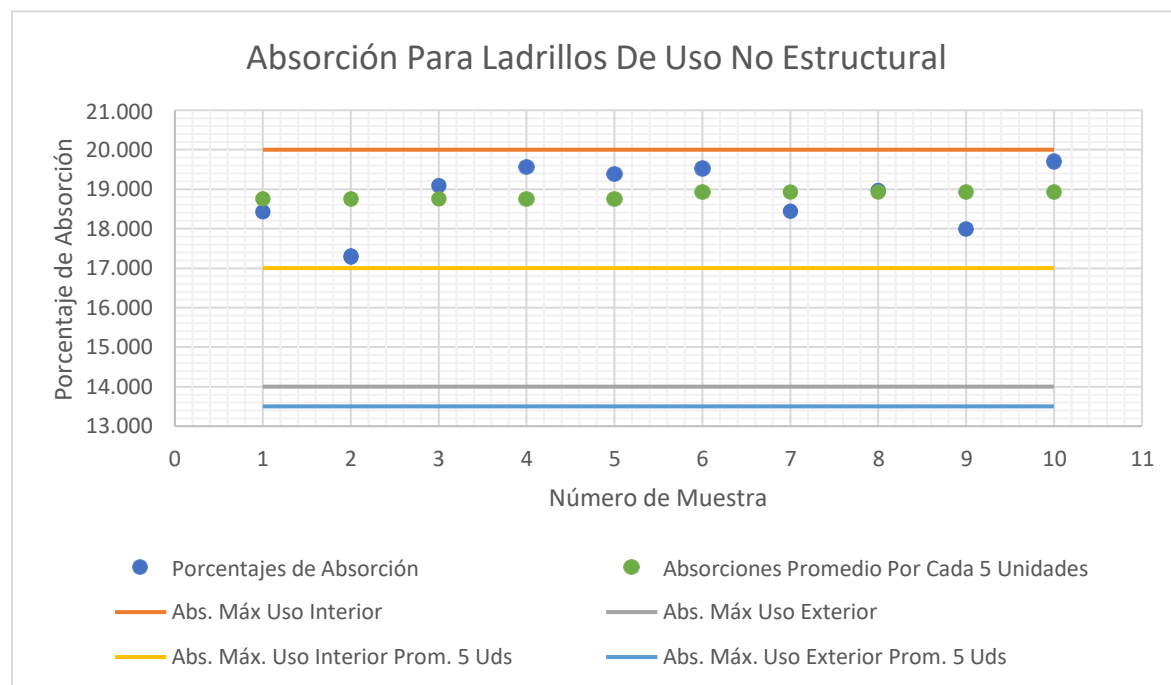


Figura 71. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera G (Fuente Propia)

En la Figura 71 se observa que, para uso no estructural, el 100% de los ladrillos cumplen con la absorción máxima para usos en interior, por el contrario, el 100% de estos ladrillos no cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

4.1.4.5. Medición dimensional

Utilizando la Ecuación 4 obtenemos la tolerancia dimensional máxima permitida por la NTC-4205 para cada dimensión de las unidades de mampostería de arcilla, la cual se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18.

Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la fábrica G.

<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia dimensional (mm)</i>	<i>Rango de tolerancia (cm)</i>
Ancho	10.0	3	9.7 – 10.3
Alto	20.0	4	19.6 – 20.4
Largo	30.0	4	29.6 – 30.4

Nota: Tolerancia dimensional permitida por la Norma Técnica Colombiana con respecto a las dimensiones de diseño para ladrillos de arcilla. (Fuente propia).

En las siguientes figuras se presentan las medidas promedio de los ladrillos de arcilla (ancho, alto y largo), extraídos de la fábrica G; y así mismo, la tolerancia máxima y mínima de cada una de las dimensiones.

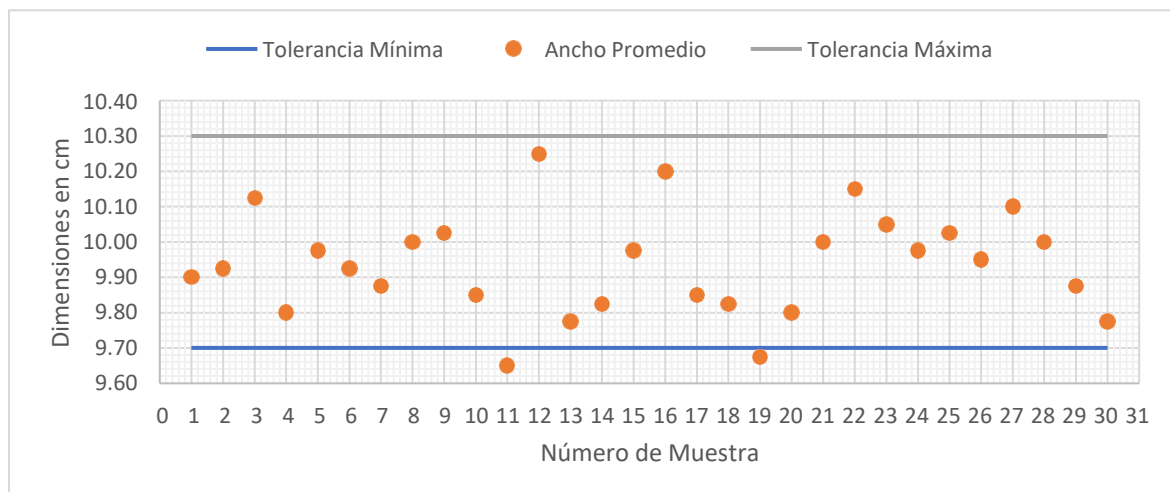


Figura 72. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la fábrica G. (fuente propia)

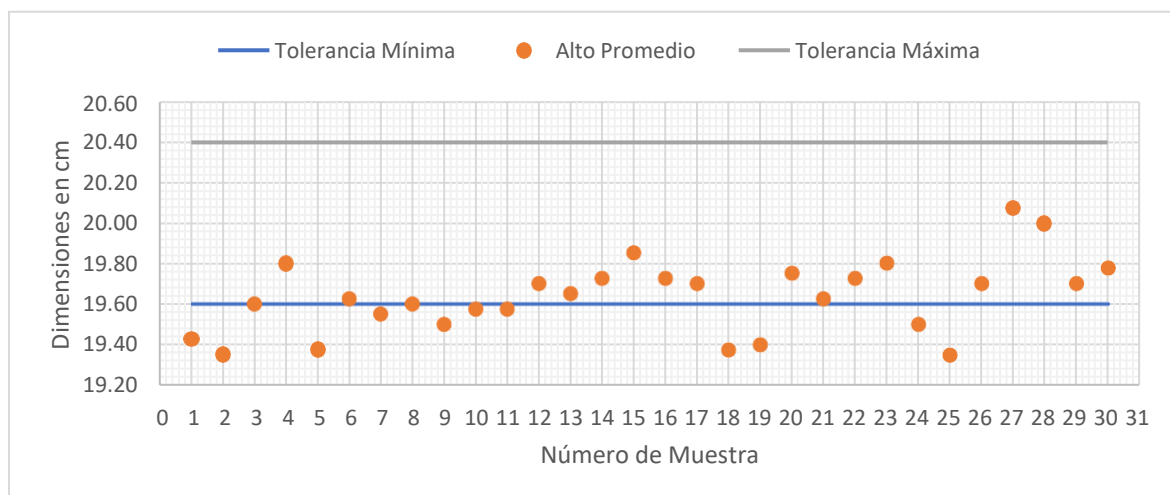


Figura 73. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la fábrica G. (fuente propia)

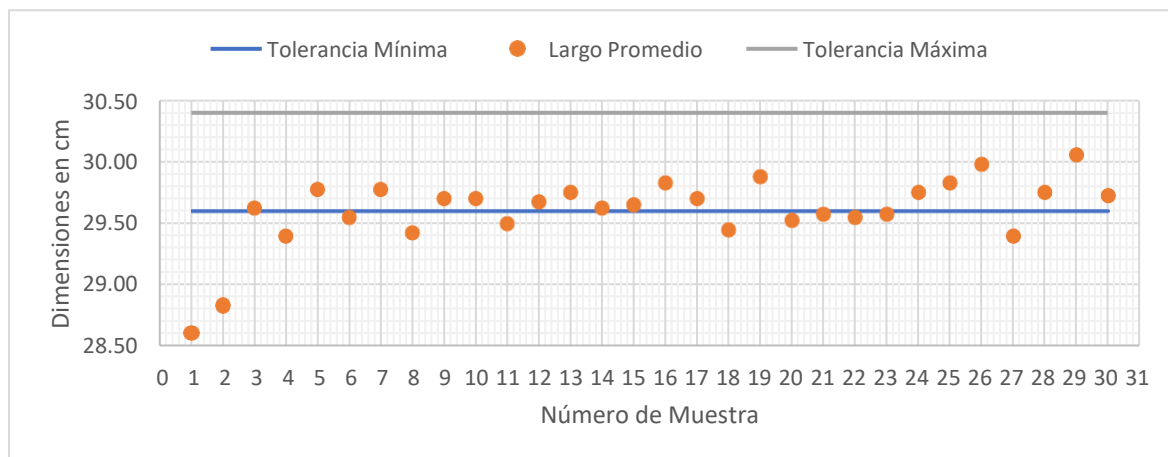


Figura 74. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la fábrica G. (fuente propia).

Con base en lo anterior, se logra determinar que un 63% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica Ladrillera G no cumplen con la tolerancia dimensional establecida por la (NTC-4205, 2000); es decir, 19 de las 30 muestras estudiadas están por debajo de las medidas de ancho, alto y largo mínimas determinado en la Tabla 18.

En la Figura 75 se logra observar que la mayor variación dimensional de la medida real en comparación con la de diseño es el largo, con un valor de 4.67%.

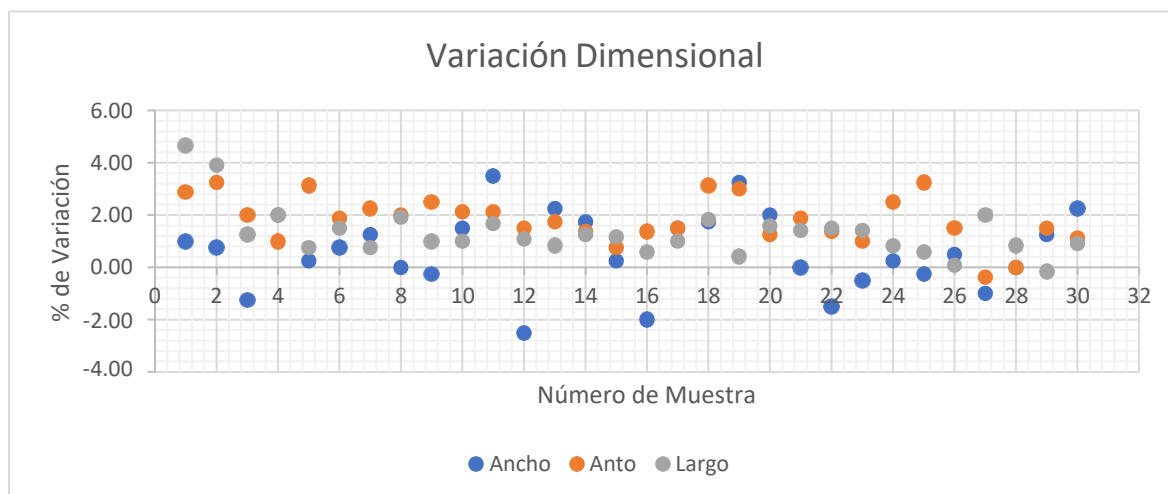


Figura 75. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera G. (Fuente Propia).

4.1.4.6. Medición de alabeo

Para la medición de alabeo de ladrillos de arcilla provenientes de la fábrica G, se determinan en la Tabla 19 las tolerancias establecidas por la (NTC-4205, 2000) para cada una de las superficies y bordes, la cual des del 1% de la dimensión de diseño.

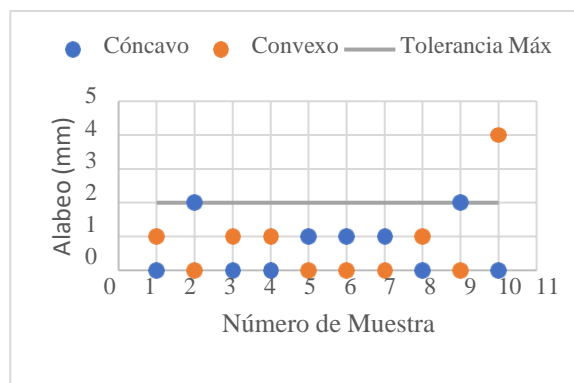
Tabla 19

Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la fábrica G

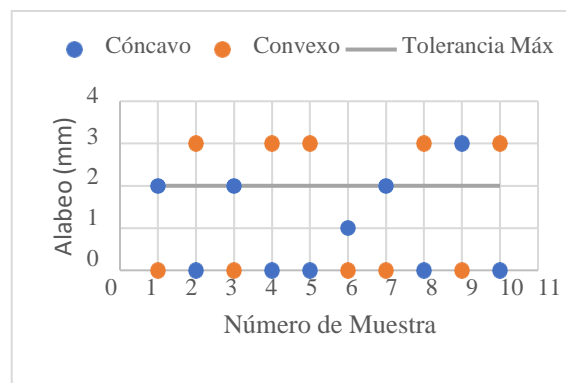
<i>Alabeo en superficies</i>			<i>Alabeo en bordes</i>		
<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia de distorsión (mm)</i>	<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia de distorsión (mm)</i>
A x H	10.0 x 20.0	2	Ancho	10.0	1
A x H	10.0 x 30.0	3	Alto	20.0	2
A x H	20.0 x 30.0	3	Largo	30.0	3

Nota: Tolerancia de distorsión máxima permitida por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla (A: ancho, H: alto). (Fuente propia).

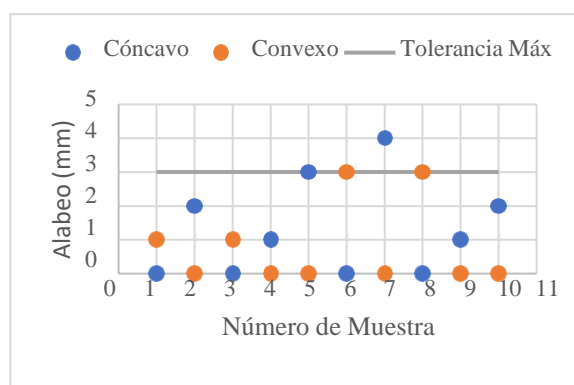
En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en las superficies de las unidades de mampostería ensayadas.



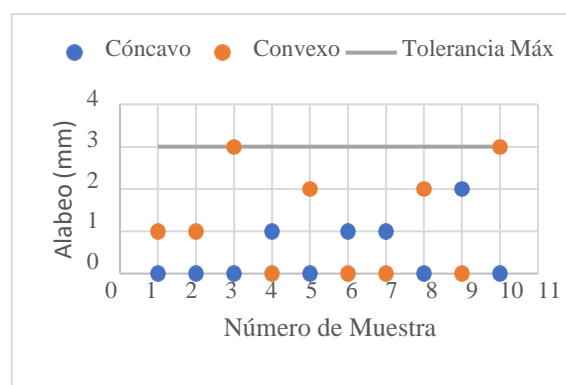
(a) Sección 1 (10cm x 20cm)



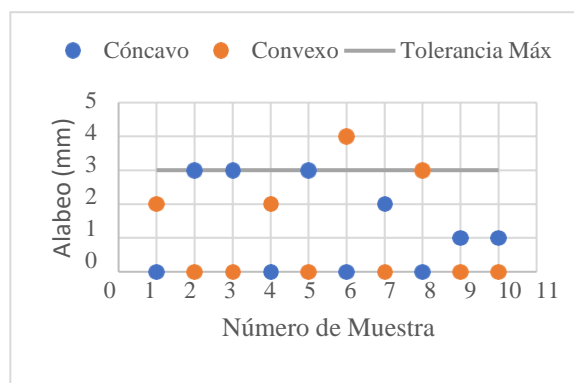
(b) Sección 2 (10cm x 20cm)



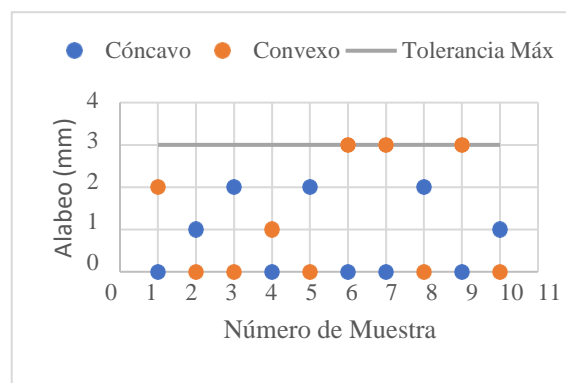
(c) Sección 1 (10cm x 30cm)



(d) Sección 2 (10cm x 30cm)



(e) Sección 1 (20cm x 30cm)

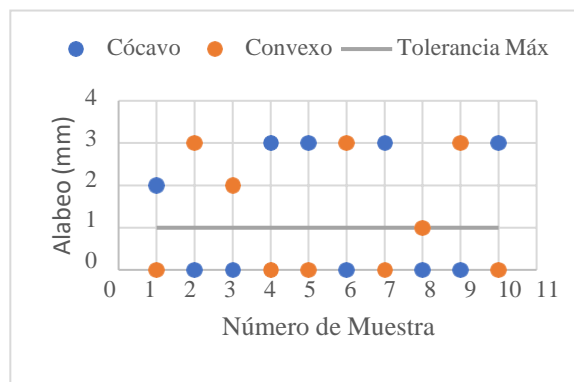


(f) Sección 2 (20cm x 30cm)

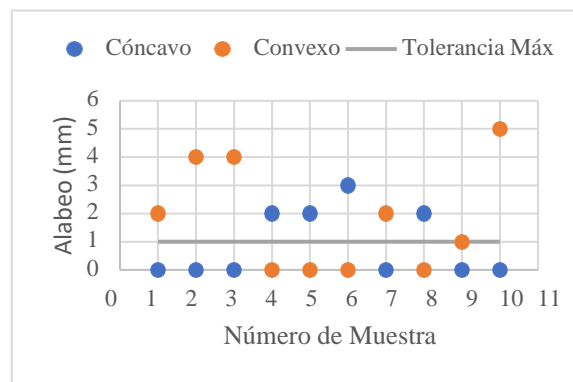
Figura 76. Alabeo en superficies de muestras extraídas de Ladrillera G (Fuente propia).

Tomando como referencia la tolerancia de distorsión para superficies de la Tabla 19, se determina que el 80% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica G no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, 8 de los 10 ladrillos ensayados

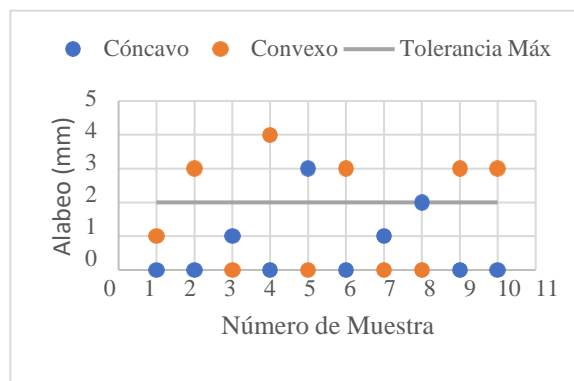
presentan desviaciones en la superficie superiores al 1% de la dimensión de diseño. En las siguientes gráficas presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en los bordes.



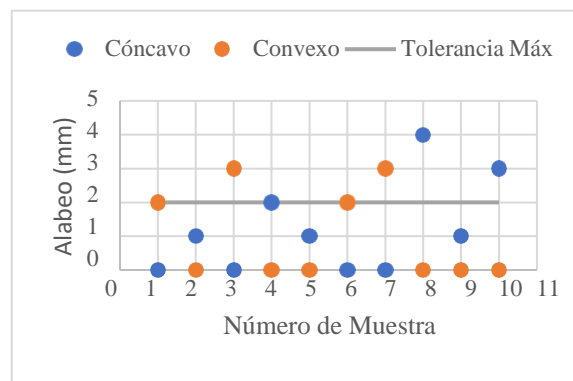
(a) Borde 1 (10cm)



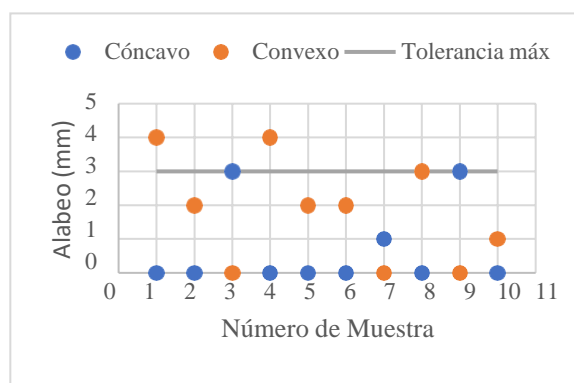
(b) Borde 2 (10cm)



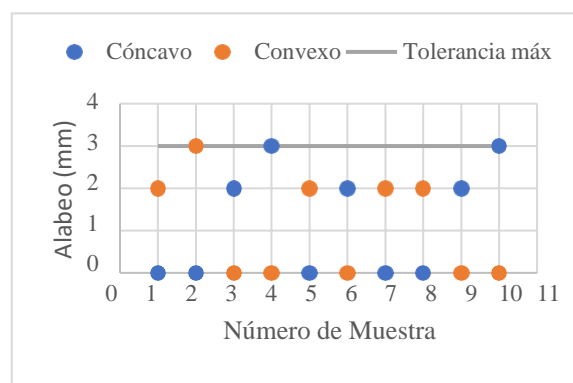
(c) Borde 1 (20cm)



(d) Borde 2 (20cm)



(e) Borde 1 (30cm)



(f) Borde 2 (30cm)

Figura 77. Alabeo en bordes de muestras extraídas de la ladrillera G (Fuente propia).

De acuerdo con la Tabla 19 donde se establece la tolerancia de distorsión para bordes en ladrillos, se determina que el 100% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica G no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, los 10 ladrillos ensayados presentan desviaciones en los bordes superiores al 1% de la dimensión de diseño.

4.2. Resultados obtenidos de los ladrillos macizos

Con base en la (NTC-4017, 2005), se les realizaron las pruebas a los ladrillos macizos, provenientes de la Ladrillera A, Ladrillera B y Ladrillera C, obteniendo los siguientes resultados:

4.2.1. Ladrillera A

4.2.1.1. Determinación de la masa

Al realizar el proceso de determinación de la masa para cada ladrillo de arcilla extraído de la Ladrillera A, se obtuvo un promedio de 3041gr, y una desviación estándar de 39.74gr; en la Figura 78 se presentan la dispersión de los resultados obtenidos en las mediciones de las masas de cada muestra ensayada.

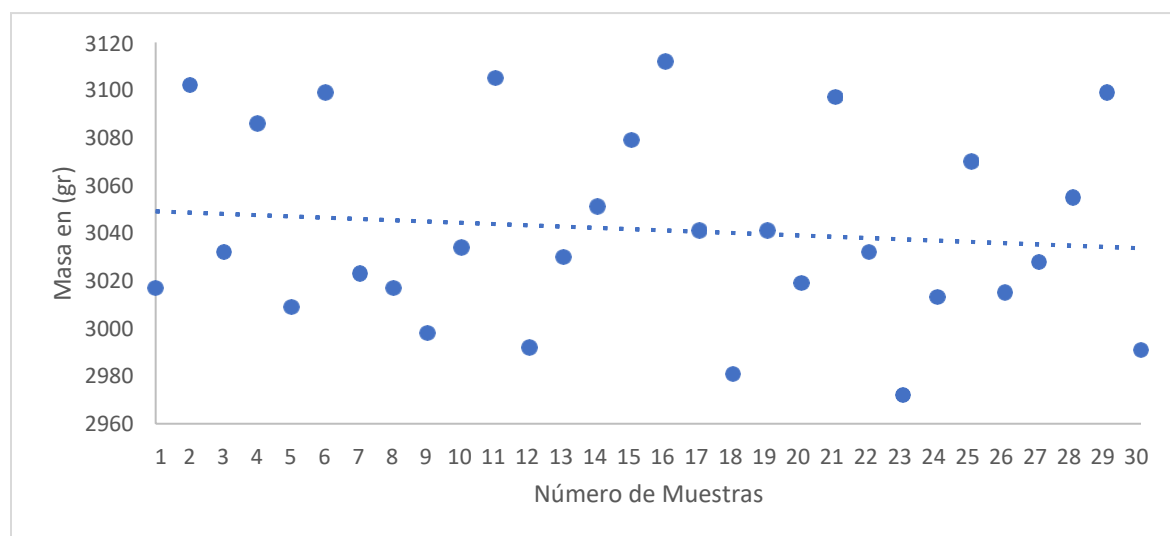


Figura 78. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera A. (Fuente Propia).

4.2.1.2. Módulo de rotura

Se calcula el módulo de rotura de cada ladrillo provenientes de la ladrillera A, obteniendo un valor mínimo de 0.49 Pa, un máximo de 1.36 y un promedio de 0.77 Pa, la desviación estándar que presentaron los resultados de los diez (10) ladrillos ensayados fue de 0.28 Pa.

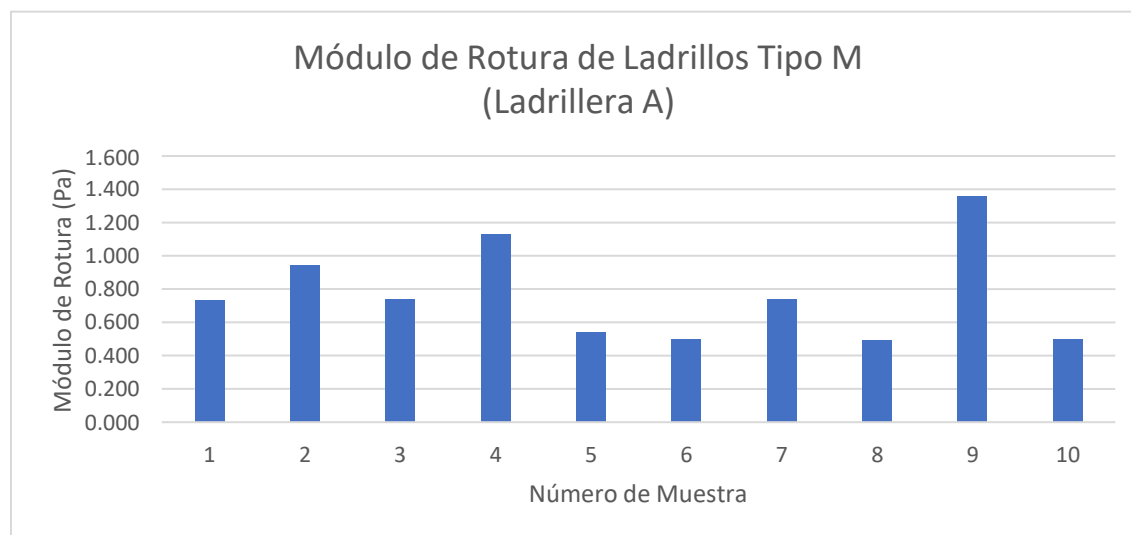


Figura 79. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera A. (Fuente Propia).

4.2.1.3. Resistencia a la compresión

Al calcular la resistencia a la compresión que presenta cada muestra de ladrillo de arcilla ensayada, al igual que el promedio por cada 5 unidades, se procede a comparar con los valores mínimos exigidos por la (NTC-4205, 2000) y corroborar si la ladrillera A cumple con este parámetro de calidad. En la Figura 80 y Figura 81 se presentan los resultados obtenidos de cada muestra, al igual que los valores de resistencia a compresión exigidos para ladrillos de uso estructural y ladrillos de uso no estructural respectivamente.

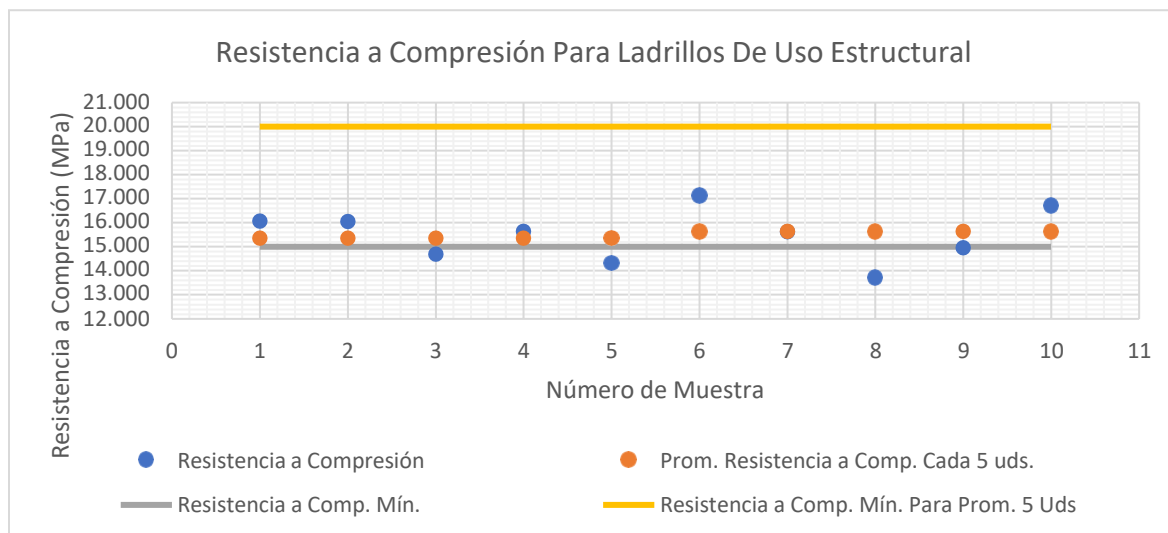


Figura 80. Resistencia a compresión de ladrillos de uso estructural extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia).

De acuerdo con la Figura 80 se logra observar que el 60% de los ladrillos tipo macizos ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso estructural, la cual es de 15.0 MPa; por otro lado, ninguno de los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas cumple con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 20.0 MPa

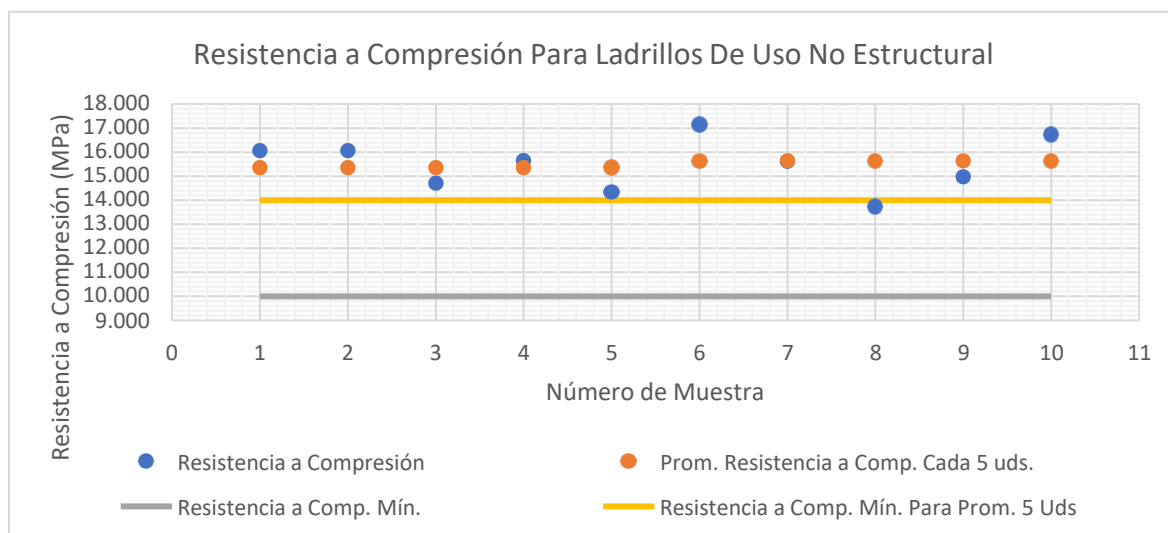


Figura 81. Resistencia a compresión de ladrillos de uso no estructural extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia).

En la Figura 81 establece que el 100% de los ladrillos tipo macizos ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso no estructural, la cual es de 10.0 MPa; en la misma línea, también los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 14.0 MPa.

4.2.1.4. Absorción de agua

Se determina el porcentaje de absorción para cada unidad de mampostería de arcilla extraída de la ladrillera A, con el fin de establecer si cumple con la absorción máxima establecida por la (NTC-4205, 2000).

En la Figura 82 y Figura 83 se presentan las absorciones obtenidas para cada ladrillo tipo macizo y los valores máximos permitidos para ladrillos de uso estructural y no estructural respectivamente.

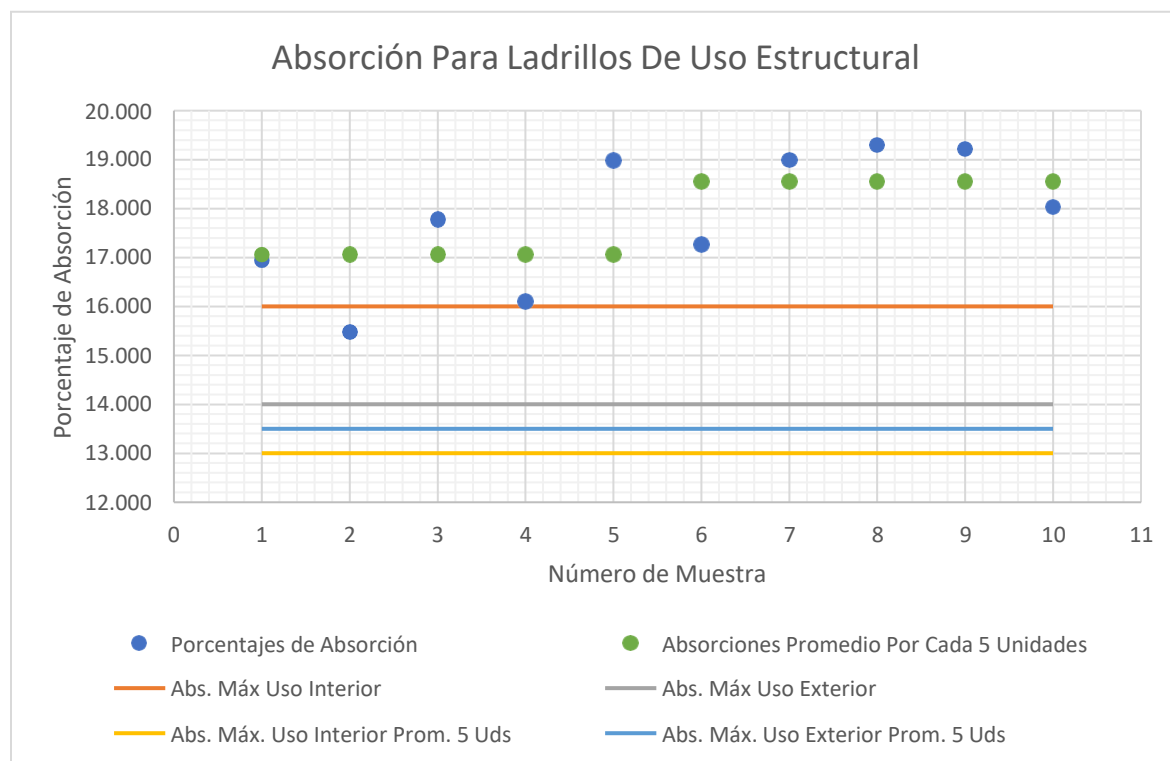


Figura 82. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso estructural de la ladrillera A. (Fuente Propia).

En la Figura 82 se observa que, para uso estructural, el 90% de los ladrillos no cumplen con la absorción máxima para usos en interior, y así mismo, el 100% de estos ladrillos tampoco cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

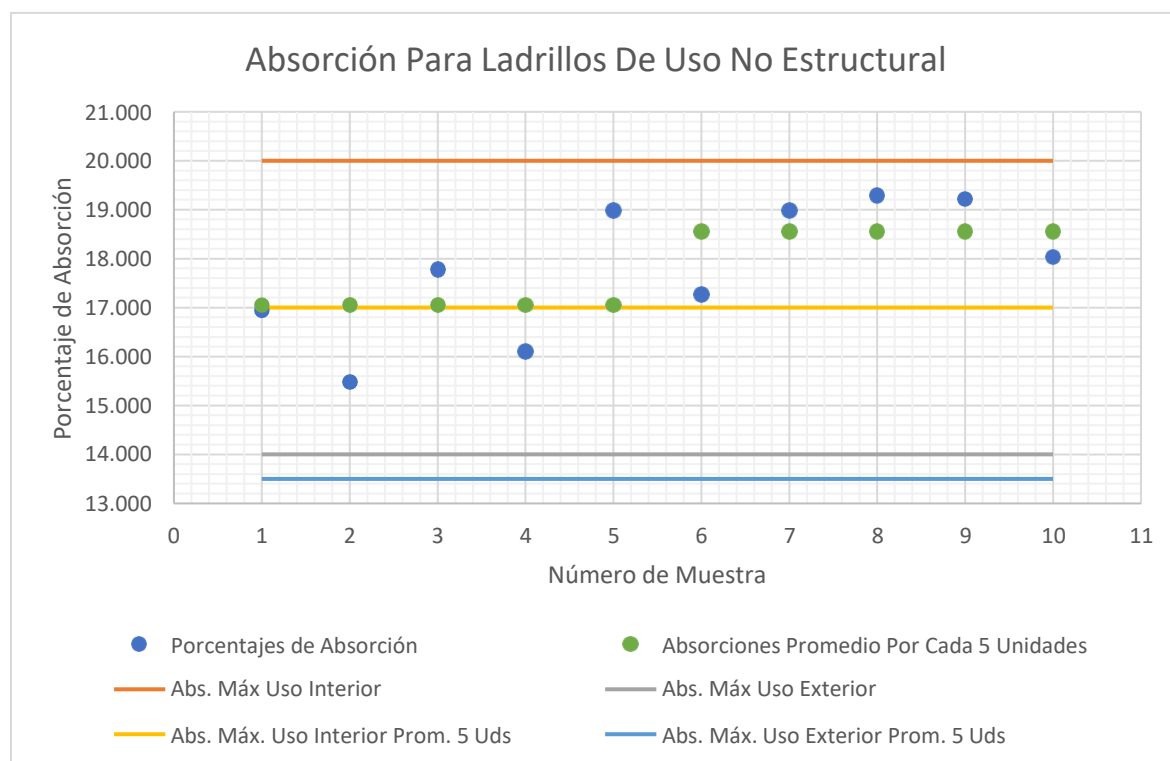


Figura 83. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera A. (Fuente Propia).

En la Figura 83 se observa que, para uso no estructural, el 100% de los ladrillos cumplen con la absorción máxima para usos en interior, por el contrario, el 100% de estos ladrillos no cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

4.2.1.5. Medición dimensional

Utilizando la Ecuación 4 obtenemos la tolerancia dimensional máxima permitida por la NTC-4205 para cada dimensión de las unidades de mampostería de arcilla, la cual se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20.

Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la fábrica Ladrillera A.

<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia dimensional (mm)</i>	<i>Rango de tolerancia (cm)</i>
Ancho	7.0	2	6.8 – 7.2
Alto	12.0	3	11.7 – 12.3
Largo	24.0	4	23.6 – 24.4

Nota: Tolerancia dimensional permitida por la Norma Técnica Colombiana con respecto a las dimensiones de diseño para ladrillos de arcilla. (Fuente propia).

En las siguientes figuras se presentan las medidas promedio de los ladrillos de arcilla (ancho, alto y largo), extraídos de la fábrica Ladrillera A; y así mismo, la tolerancia máxima y mínima de cada una de las dimensiones.

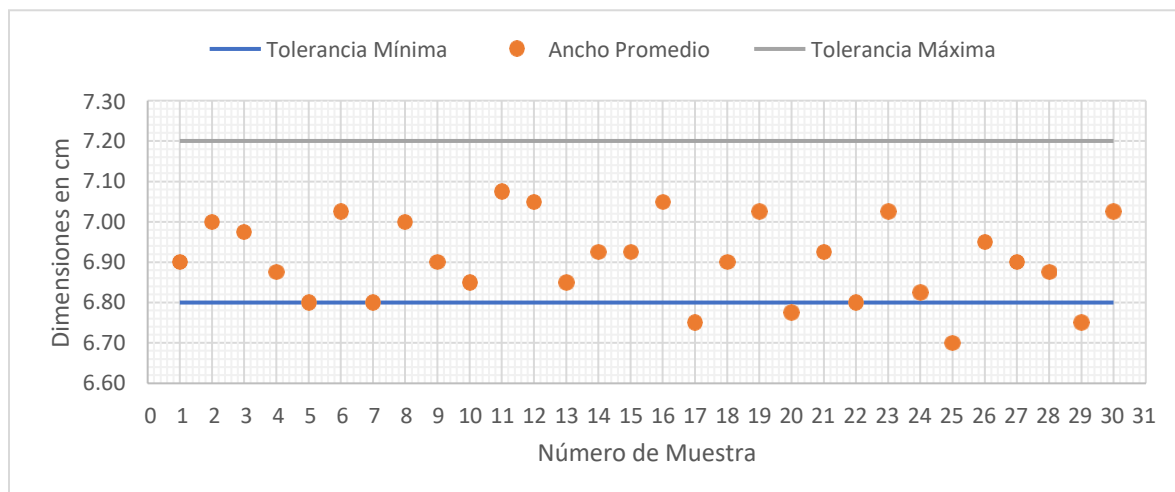


Figura 84. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera A. (fuente propia).

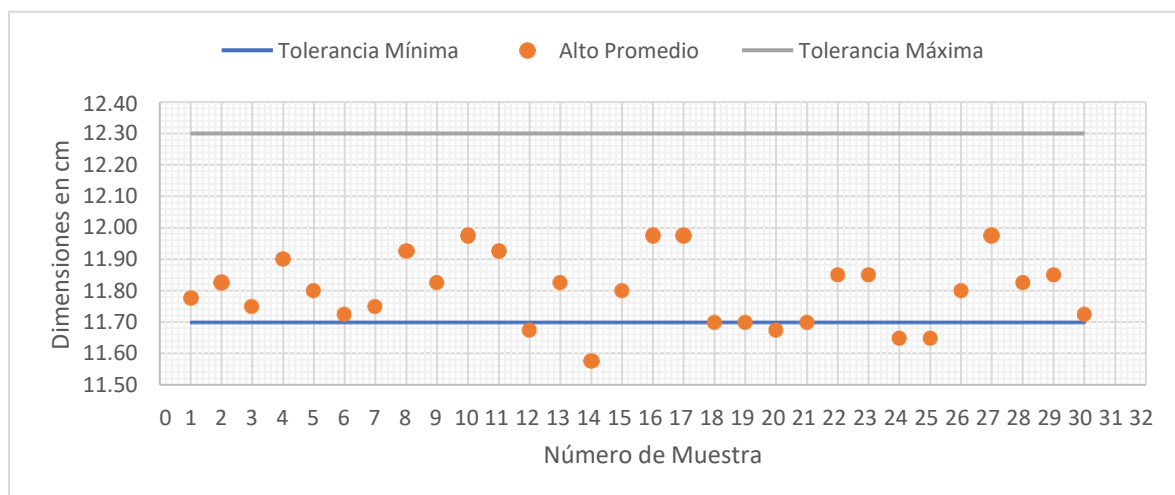


Figura 85. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera A. (fuente propia).

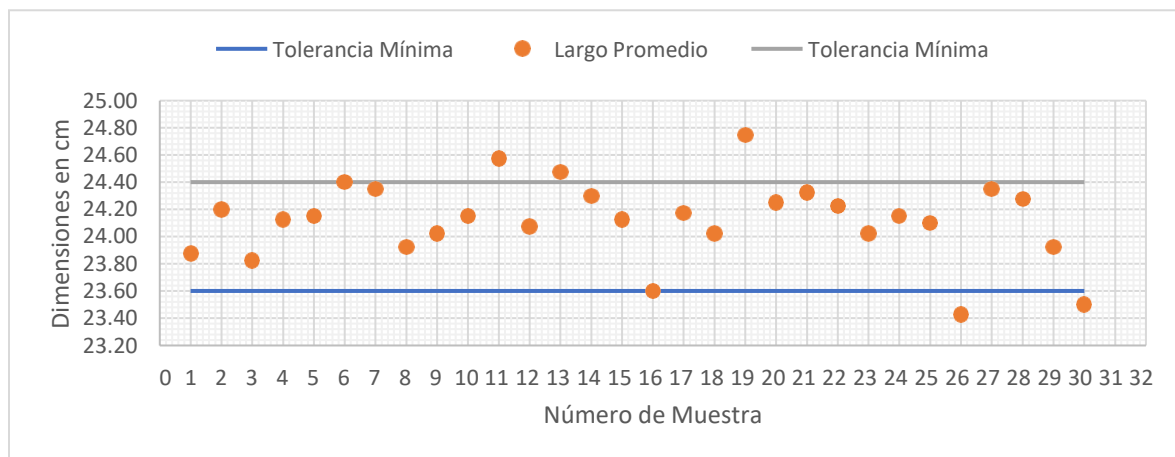


Figura 86. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera A. (fuente propia).

Con base en lo anterior, se logra determinar que un 40% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica Ladrillera A no cumplen con la tolerancia dimensional establecida por la (NTC-4205, 2000); es decir, 12 de las 30 muestras estudiadas están por debajo de las medidas de ancho, alto y largo mínimas determinado en la Tabla 20.

En la Figura 87 se logra observar que la mayor variación dimensional de la medida real en comparación con la de diseño es el ancho, con un valor de 4.29%.

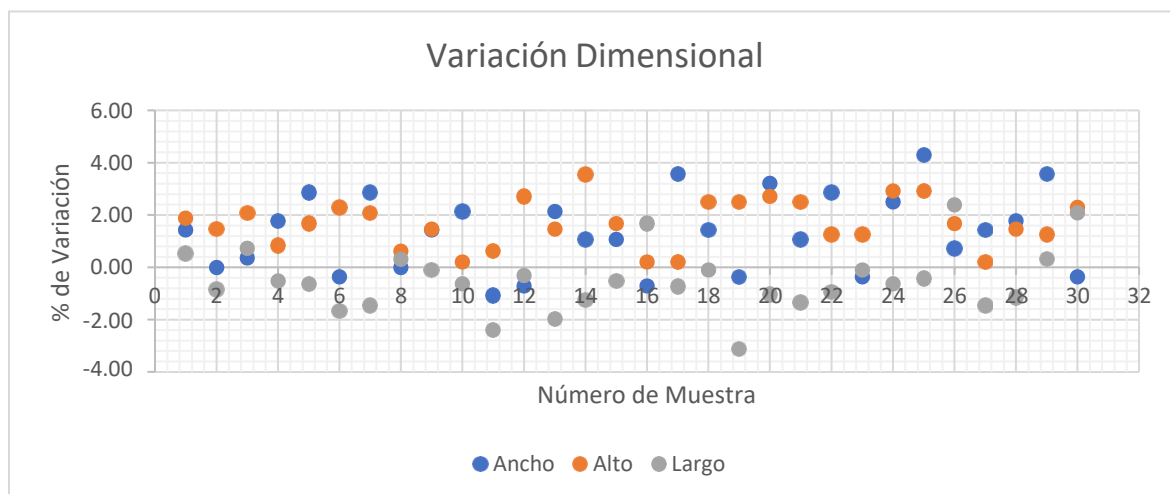


Figura 87. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera A. (Fuente Propia).

4.2.1.6. Medición de alabeo

Para la medición de alabeo de ladrillos de arcilla provenientes de la fábrica Ladrillera A, se determinan en la Tabla 21 las tolerancias establecidas por la (NTC-4205, 2000) para cada una de las superficies y bordes, la cual des del 1% de la dimensión de diseño.

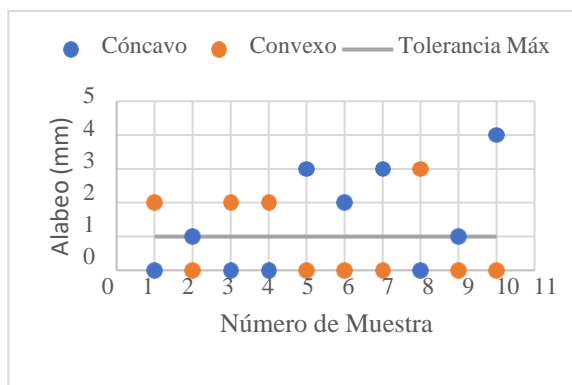
Tabla 21.

Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la fábrica Ladrillera A.

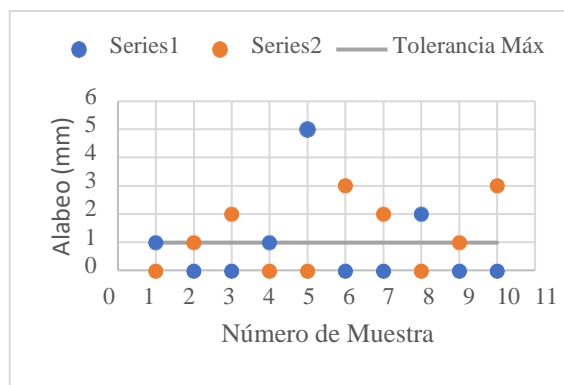
<i>Alabeo en superficies</i>			<i>Alabeo en bordes</i>		
<i>Medida</i>	<i>Dimensión de</i>	<i>Tolerancia de</i>	<i>Medida</i>	<i>Dimensión de</i>	<i>Tolerancia de</i>
	<i>diseño (cm)</i>	<i>distorsión (mm)</i>		<i>diseño (cm)</i>	<i>distorsión (mm)</i>
A x H	7.0 x 12.0	1	Ancho	7.0	1
A x H	7.0 x 24.0	2	Alto	12.0	1
A x H	12.0 x 24.0	2	Largo	24.0	2

Nota: Tolerancia de distorsión máxima permitida por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla (A: ancho, H: alto). (Fuente propia).

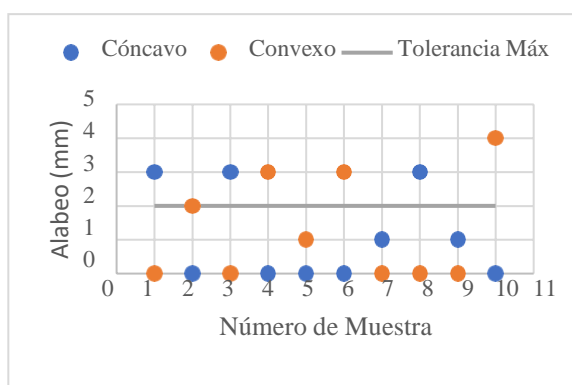
En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en las superficies de las unidades de mampostería ensayadas.



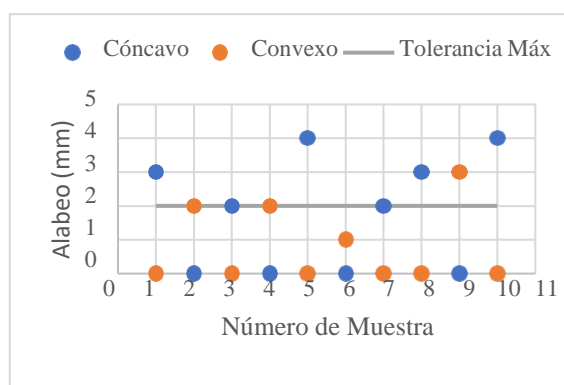
(a) Sección 1 (7cm x 12cm)



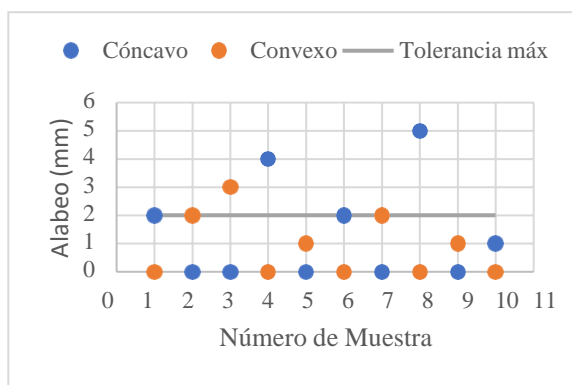
(b) Sección 2 (7cm x 12cm)



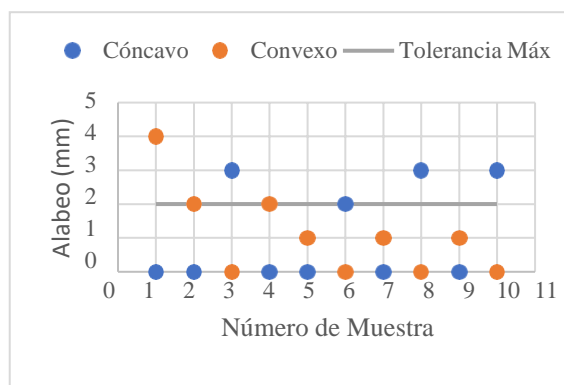
(c) Sección 1 (7cm x 24cm)



(d) Sección 2 (7cm x 24cm)



(e) Sección 1 (12cm x 24cm)

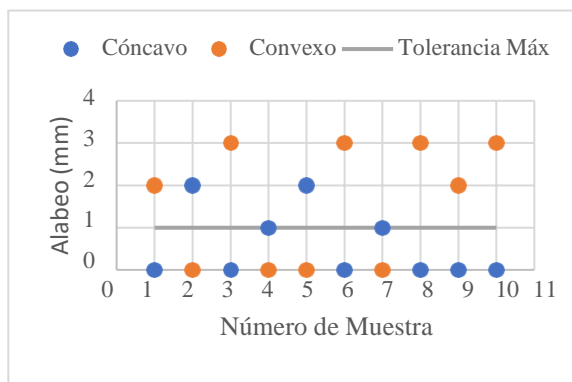


(f) Sección 2 (12cm x 24cm)

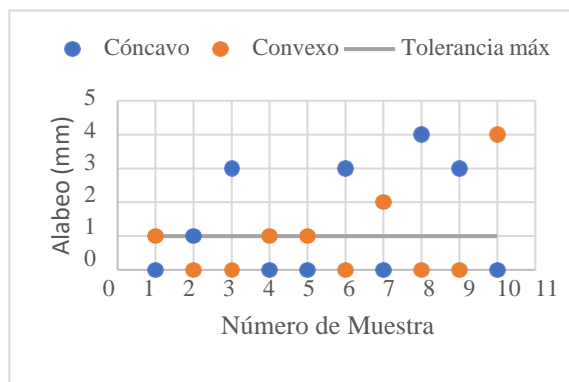
Figura 88. Alabeo en superficies de muestras extraídas de Ladrillera A. (Fuente propia).

Tomando como referencia la tolerancia de distorsión para superficies de la Tabla 21, se determina que el 90% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica Ladrillera A no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, 9 de los 10 ladrillos ensayados

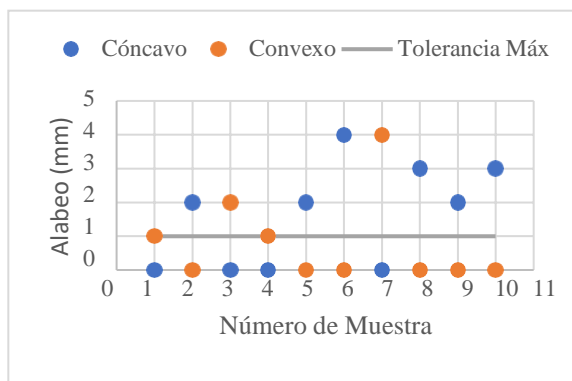
presentan desviaciones en la superficie superiores al 1% de la dimensión de diseño. En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en los bordes.



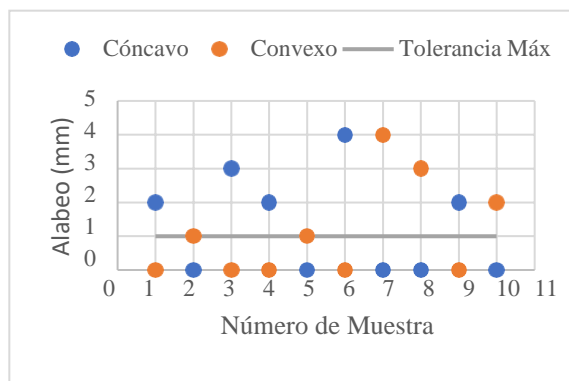
(a) Borde 1 (7cm)



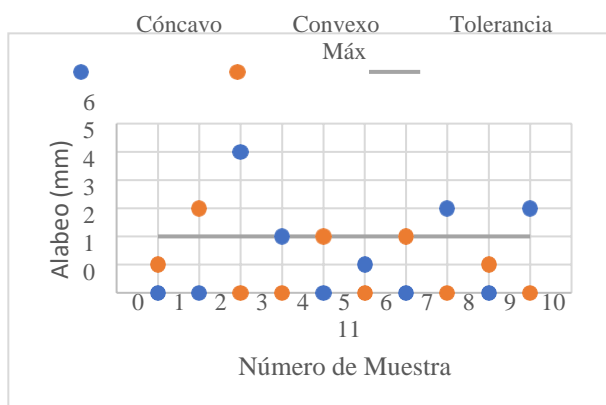
(b) Borde 2 (7cm)



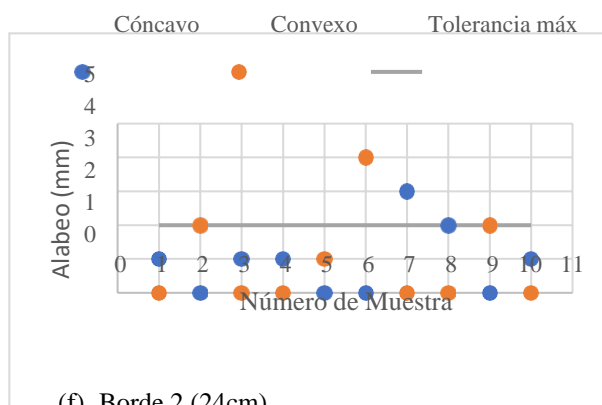
(c) Borde 1 (12cm)



(d) Borde 2 (12cm)



(e) Borde 1 (24cm)



(f) Borde 2 (24cm)

Figura 89. Alabeo en bordes de muestras extraídas de Ladrillera A. (Fuente propia)

De acuerdo con la Tabla 21 donde se establece la tolerancia de distorsión para bordes en ladrillos, se determina que el 100% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la fábrica Ladrillera A no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, los 10 ladrillos ensayados presentan desviaciones en los bordes superiores al 1% de la dimensión de diseño.

4.2.2. Ladrillera B

4.2.2.1. Determinación de la masa

Al realizar el proceso de determinación de la masa para cada ladrillo de arcilla extraído de la Ladrillera B, se obtuvo un promedio de 2885gr, y una desviación estándar de 54.34gr; en la Figura 90 se presentan la dispersión de los resultados obtenidos en las mediciones de las masas de cada muestra ensayada.

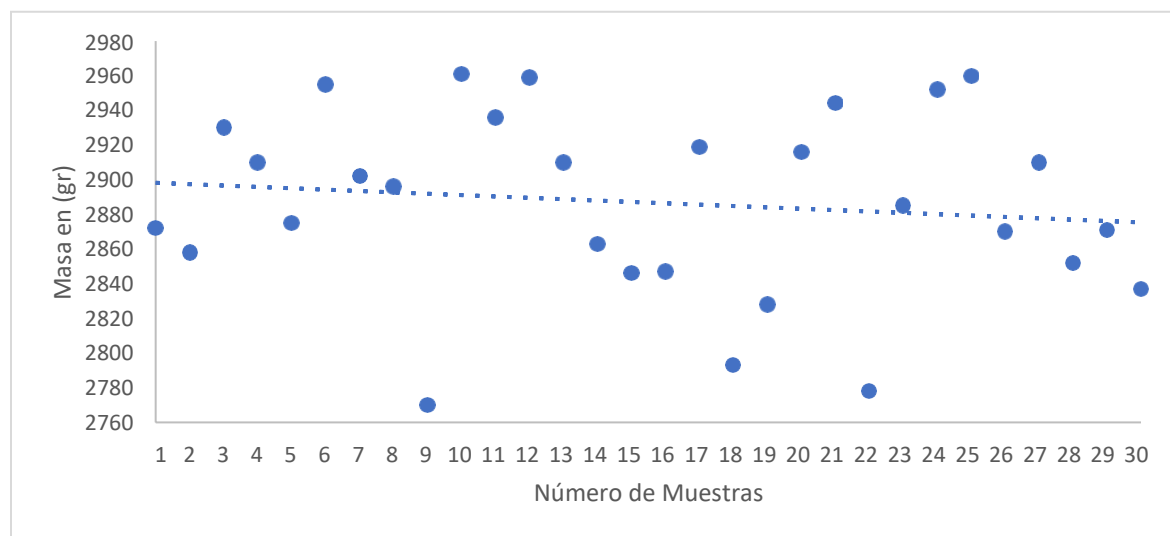


Figura 90. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera B. (Fuente Propia).

4.2.2.2. Módulo de rotura

Se calcula el módulo de rotura de cada ladrillo provenientes de la ladrillera B, obteniendo un valor mínimo de 0.77 Pa, un máximo de 1.58 y un promedio de 1.23 Pa, la desviación estándar que presentaron los resultados de los diez (10) ladrillos ensayados fue de 0.24 Pa.

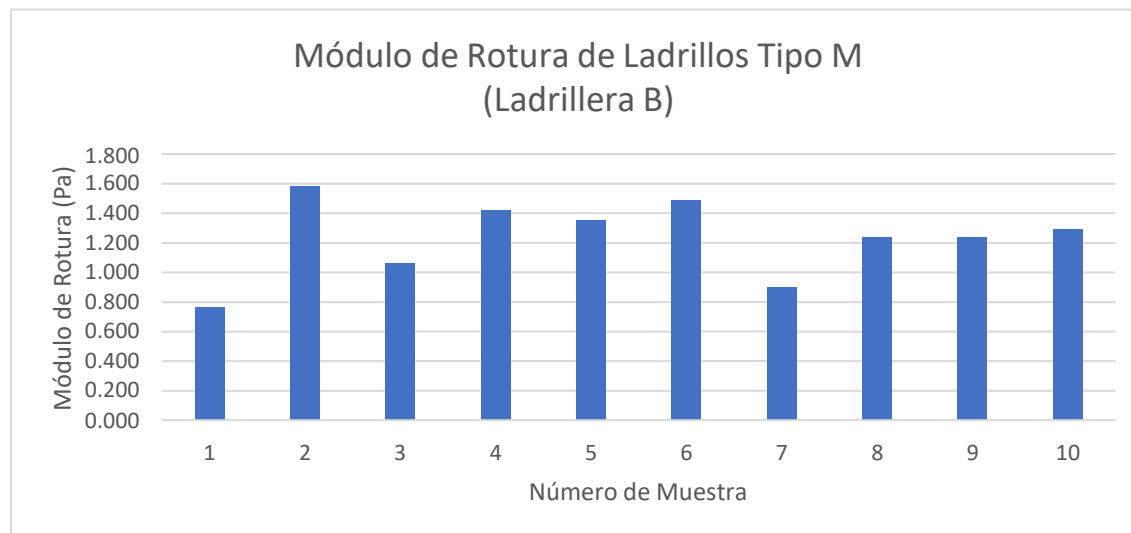


Figura 91. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera B. (Fuente Propia).

4.2.2.3. Resistencia a la compresión

Al calcular la resistencia a la compresión que presenta cada muestra de ladrillo de arcilla ensayada, al igual que el promedio por cada 5 unidades, se procede a comparar con los valores mínimos exigidos por la (NTC-4205, 2000) y corroborar si la ladrillera B cumple con este parámetro de calidad. En la Figura 92 y Figura 93 se presentan los resultados obtenidos de cada muestra, al igual que los valores de resistencia a compresión exigidos para ladrillos de uso estructural y ladrillos de uso no estructural respectivamente

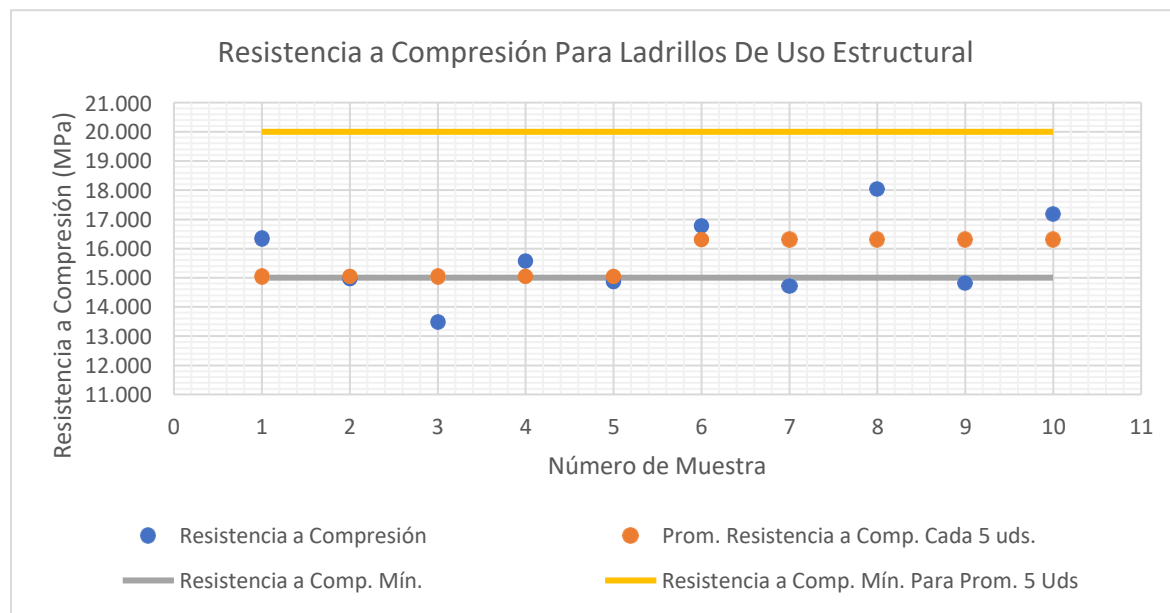


Figura 92. Resistencia a compresión de ladrillos de uso estructural extraídos de Ladrillera B. (Fuente Propia).

De acuerdo con la Figura 92 se logra observar que solo el 50% de los ladrillos tipo macizos ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso estructural, la cual es de 15.0 MPa; por otro lado, ninguno de los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas cumple con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 20.0 MPa

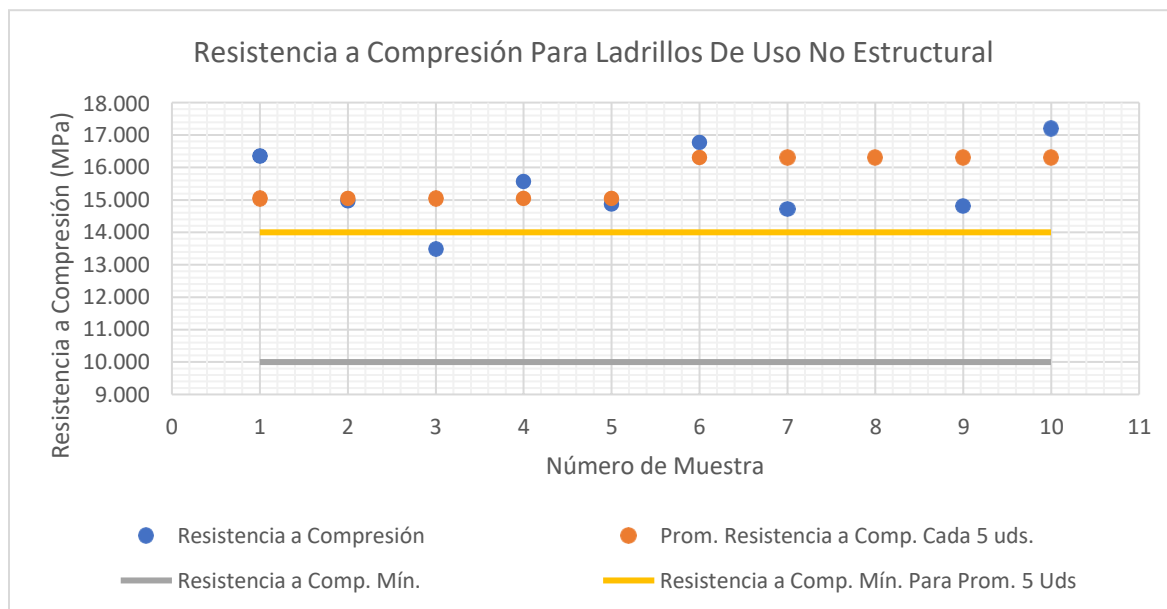


Figura 93. Resistencia a compresión de ladrillos de uno no estructural extraídos de Ladrillera B. (Fuente Propia).

En la Figura 93 establece que el 100% de los ladrillos tipo macizos ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso no estructural, la cual es de 10.0 MPa; en la misma línea, también los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 14.0 MPa.

4.2.2.4. Absorción de agua

Se determina el porcentaje de absorción para cada unidad de mampostería de arcilla extraída de la ladrillera B, con el fin de establecer si cumple con la absorción máxima establecida por la (NTC-4205, 2000).

En la Figura 94 y Figura 95 se presentan las absorciones obtenidas para cada ladrillo tipo macizo y los valores máximos permitidos para ladrillos de uso estructural y no estructural respectivamente.

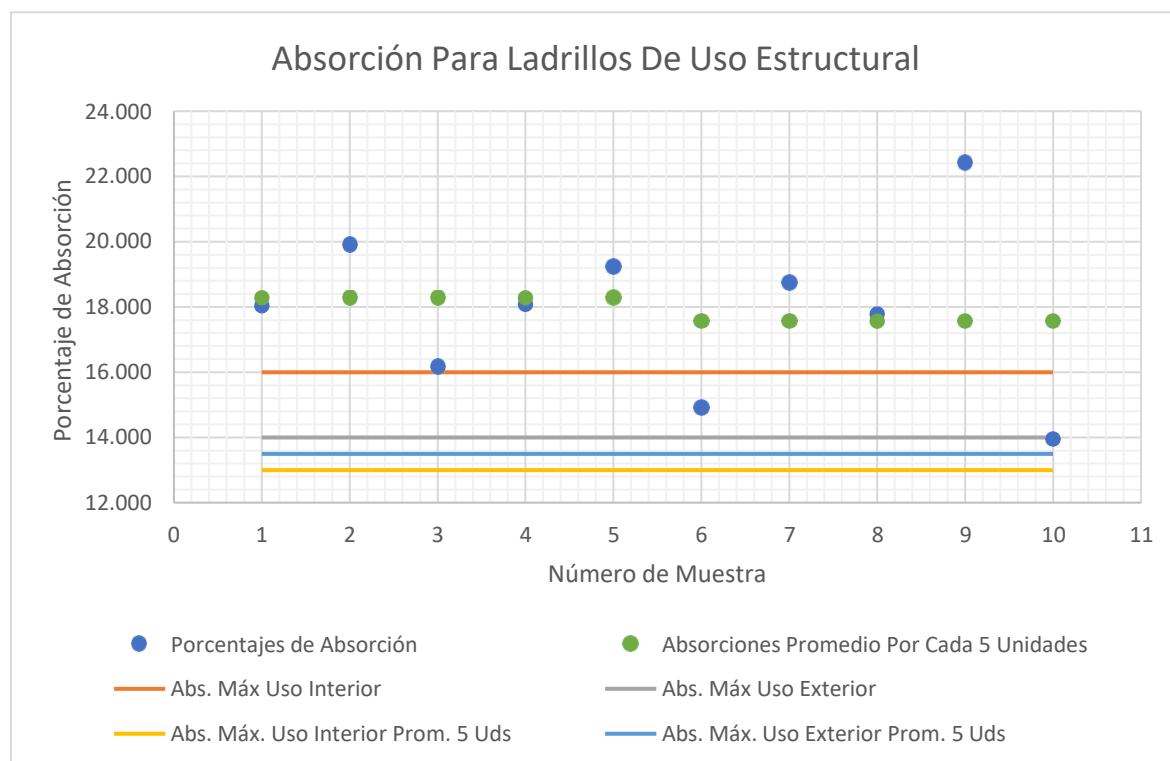


Figura 94. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera B. (Fuente Propia).

En la Figura 94 se observa que, para uso estructural, el 80% de los ladrillos no cumplen con la absorción máxima para usos en interior, y así mismo, el 90% de estos ladrillos tampoco cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

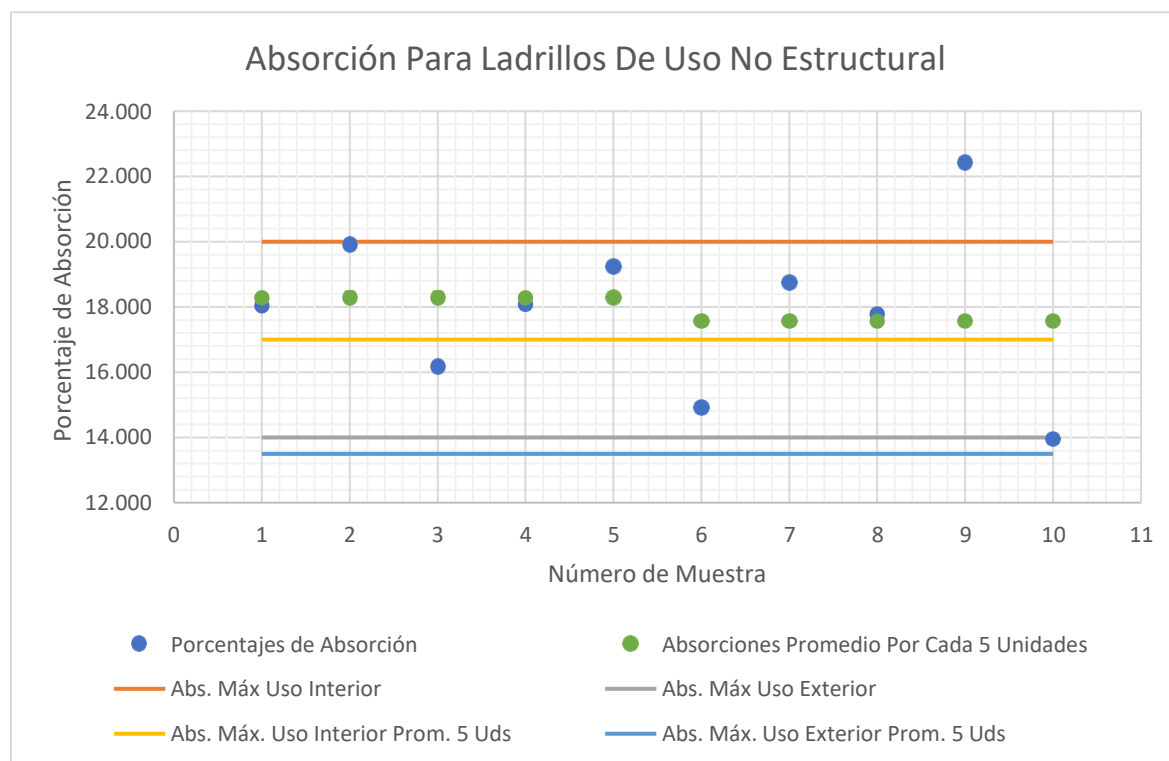


Figura 95. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera B.
(Fuente Propia).

En la Figura 95 se observa que, para uso no estructural, el 90% de los ladrillos cumplen con la absorción máxima para usos en interior, por el contrario, el 90% de estos ladrillos no cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

4.2.2.5. Medición dimensional

Utilizando la Ecuación 4 obtenemos la tolerancia dimensional máxima permitida por la NTC-4205 para cada dimensión de las unidades de mampostería de arcilla, la cual se presenta en la Tabla 22.

Tabla 22.

Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la Ladrillera B.

<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia dimensional (mm)</i>	<i>Rango de tolerancia (cm)</i>
Ancho	6.0	2	5.8 – 6.2
Alto	12.0	3	11.7 – 12.3
Largo	26.0	4	25.6 – 26.4

Nota: Tolerancia dimensional permitida por la Norma Técnica Colombiana con respecto a las dimensiones de diseño para ladrillos de arcilla. (Fuente propia).

En las siguientes figuras se presentan las medidas promedio de los ladrillos de arcilla (ancho, alto y largo), extraídos de la Ladrillera B; y así mismo, la tolerancia máxima y mínima de cada una de las dimensiones.

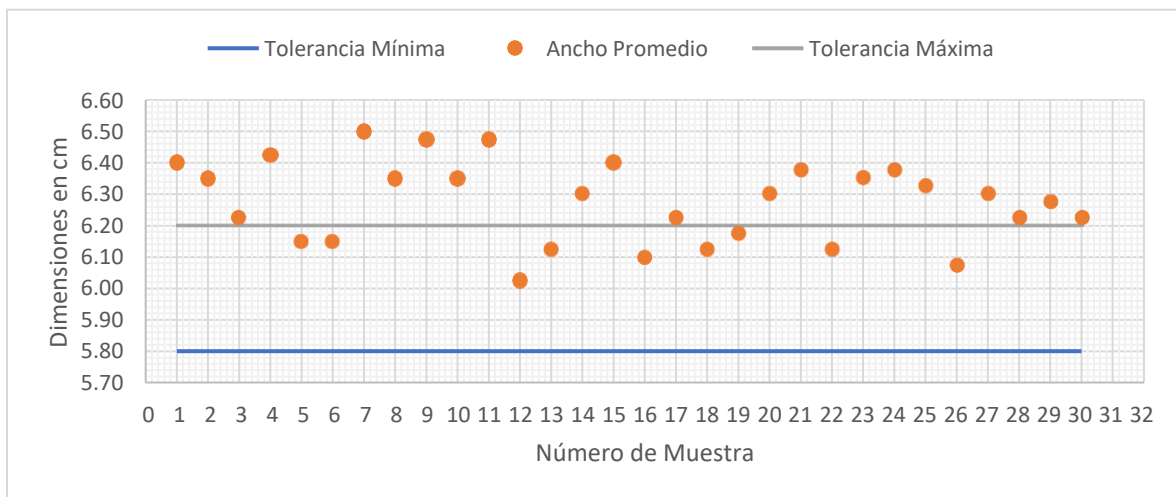


Figura 96. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la Ladrillera B. (fuente propia).

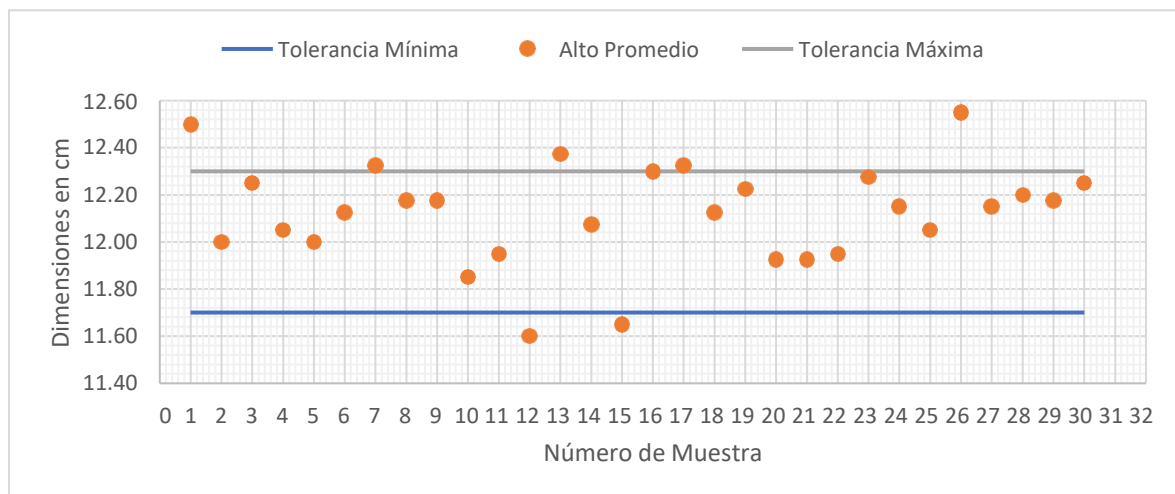


Figura 97. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la Ladrillera B. (fuente propia).

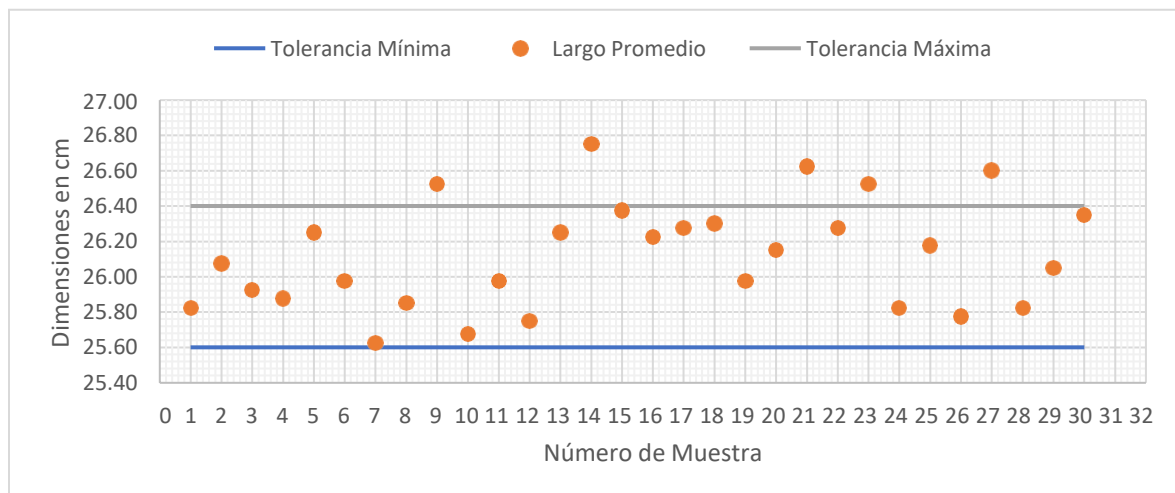


Figura 98. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la Ladrillera B. (fuente propia).

Con base en lo anterior, se logra determinar que un 80% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la Ladrillera B no cumplen con la tolerancia dimensional establecida por la (NTC-4205, 2000); es decir, 24 de las 30 muestras estudiadas están por debajo de las medidas de ancho, alto y largo mínimas determinado en la Tabla 22.

En la Figura 99 se logra observar que la mayor variación dimensional de la medida real en comparación con la de diseño es el alto, con un valor de 4.58%.

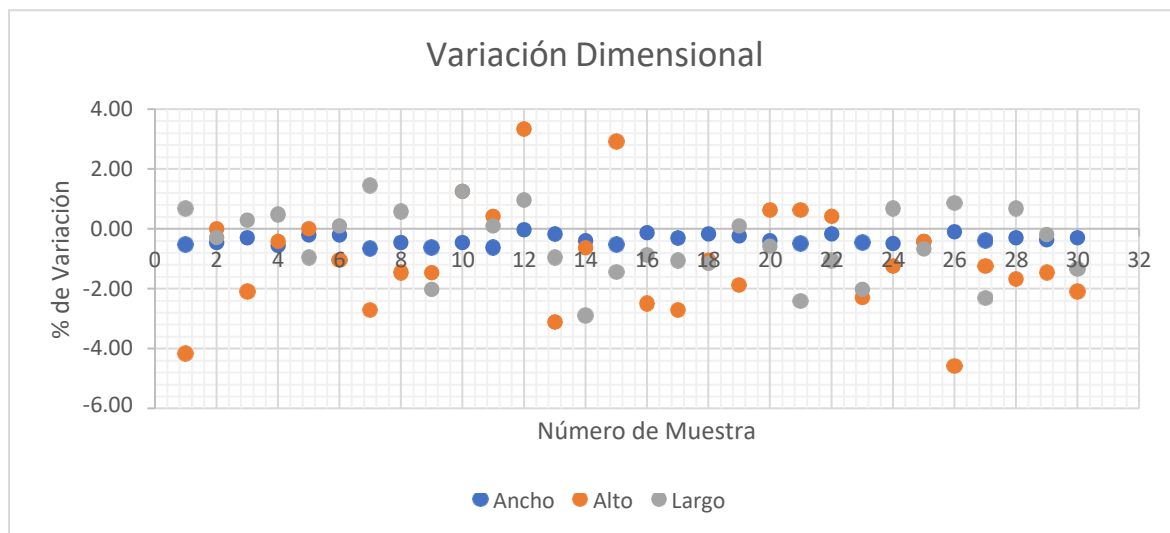


Figura 99. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera B. (Fuente Propia).

4.2.2.6. Medición de alabeo

Para la medición de alabeo de ladrillos de arcilla provenientes de la Ladrillera B, se determinan en la Tabla 23 las tolerancias establecidas por la (NTC-4205, 2000) para cada una de las superficies y bordes, la cual des del 1% de la dimensión de diseño.

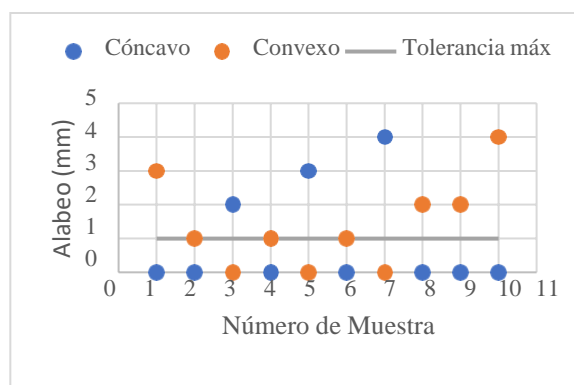
Tabla 23.

Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la Ladrillera B.

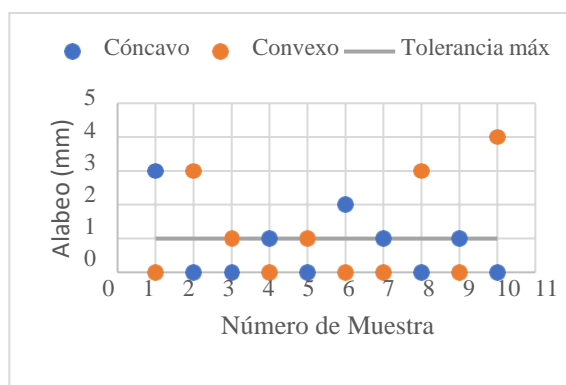
<i>Alabeo en superficies</i>			<i>Alabeo en bordes</i>		
<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia de distorsión (mm)</i>	<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia de distorsión (mm)</i>
A x H	6.0 x 12.0	1	Ancho	7.0	1
A x H	6.0 x 26.0	3	Alto	12.0	1
A x H	12.0 x 26.0	3	Largo	24.0	3

Nota: Tolerancia de distorsión máxima permitida por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla (A: ancho, H: alto). (Fuente propia).

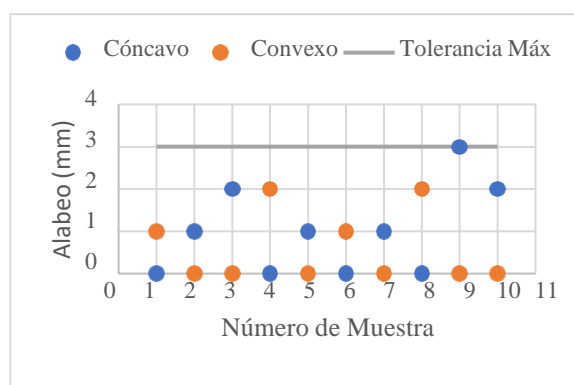
En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en las superficies de las unidades de mampostería ensayadas.



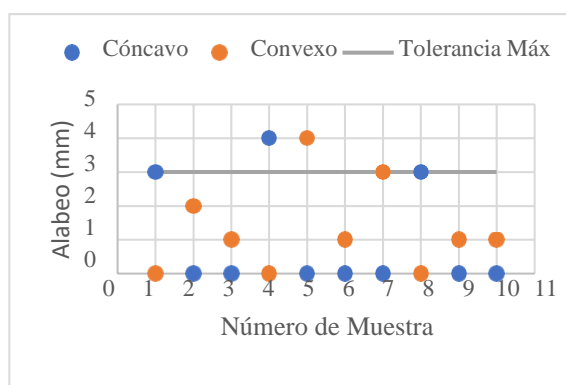
(a) Sección 1 (6cm x 12cm)



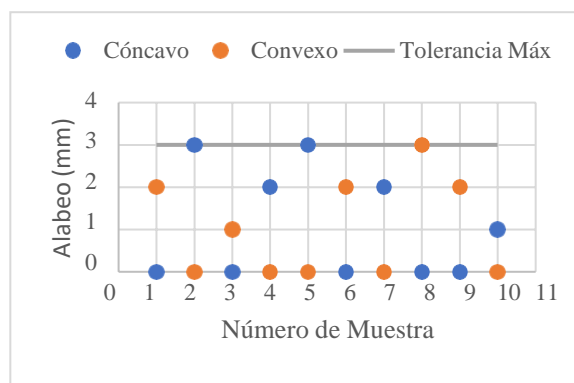
(b) Sección 2 (6cm x 12cm)



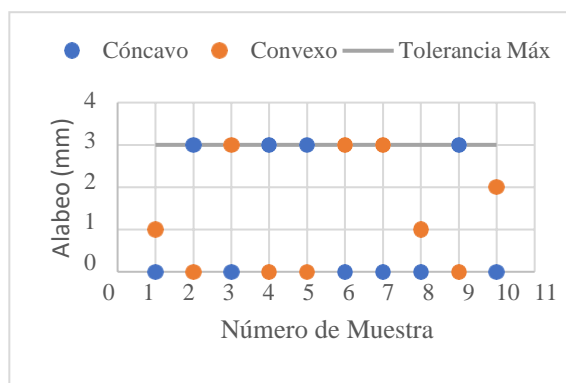
(c) Sección 1 (6cm x 26cm)



(d) Sección 2 (6cm x 26cm)



(e) Sección 1 (12cm x 26cm)

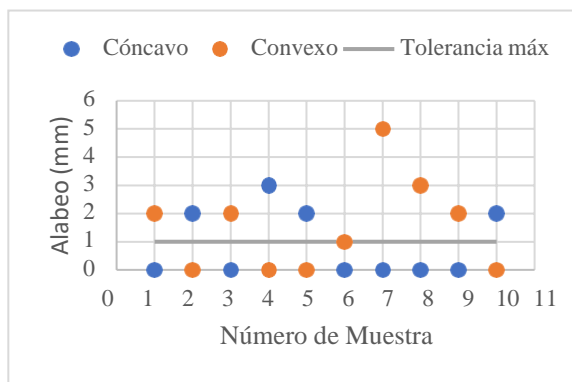


(f) Sección 2 (12cm x 26cm)

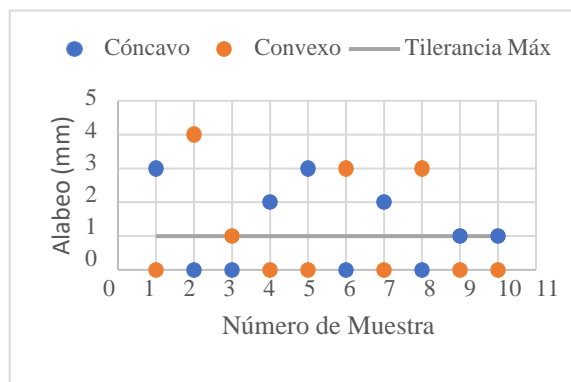
Figura 100. Alabeo en superficies de extraídas de Ladrillera B. (Fuente propia).

Tomando como referencia la tolerancia de distorsión para superficies de la Tabla 23, se determina que el 100% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la Ladrillera B no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, los 10 ladrillos ensayados presentan

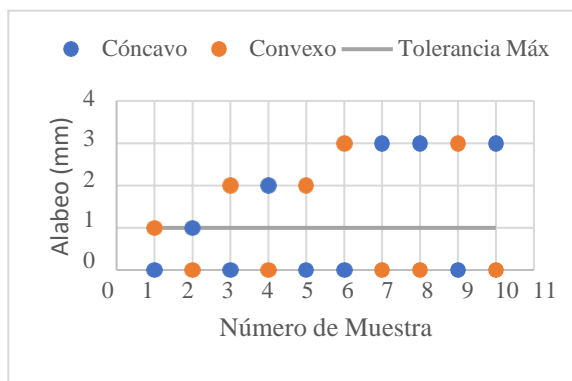
desviaciones en la superficie superiores al 1% de la dimensión de diseño. En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en los bordes.



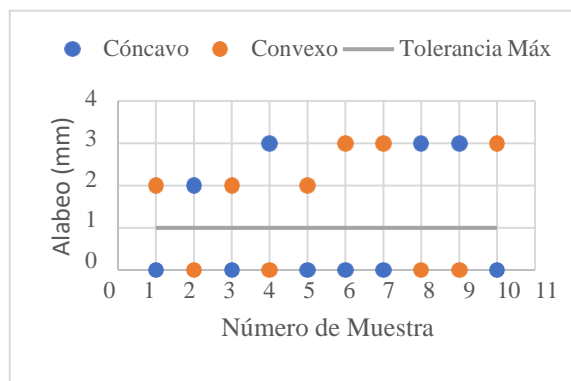
(a) Borde 1 (6cm)



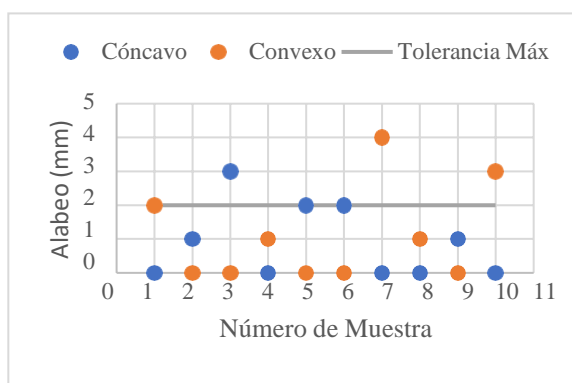
(b) Borde 2 (6cm)



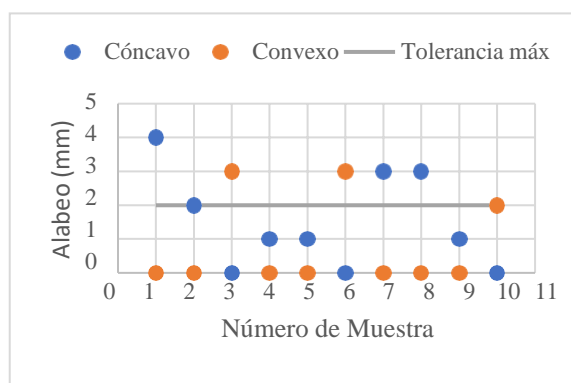
(c) Borde 1 (12cm)



(d) Borde 2 (12cm)



(e) Borde 1 (26cm)



(f) Borde 2 (26cm)

Figura 101. Alabeo en bordes de muestras extraídas de Ladrillera B. (Fuente propia).

De acuerdo con la Tabla 23 donde se establece la tolerancia de distorsión para bordes en ladrillos, se determina que el 100% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la Ladrillera B no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, los 10 ladrillos ensayados presentan desviaciones en los bordes superiores al 1% de la dimensión de diseño.

4.2.3. Ladrillera C

4.2.3.1. Determinación de la masa

Al realizar el proceso de determinación de la masa para cada ladrillo de arcilla extraído de la Ladrillera C, se obtuvo un promedio de 3213gr, y una desviación estándar de 48.31gr; en la Figura 102 se presentan la dispersión de los resultados obtenidos en las mediciones de las masas de cada muestra ensayada.

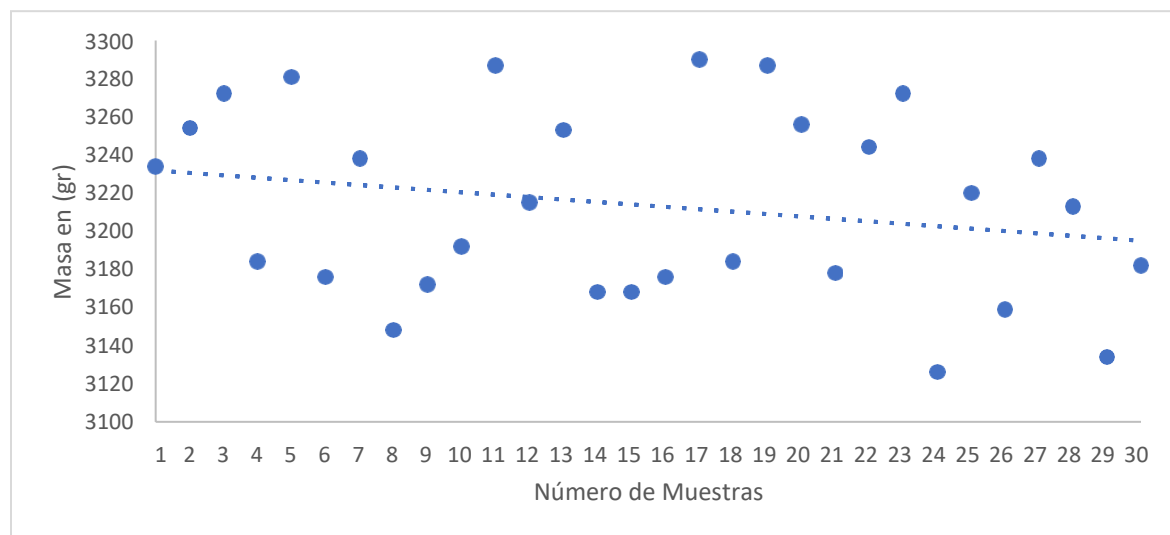


Figura 102. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera C. (Fuente Propia).

4.2.3.2. Módulo de rotura

Se calcula el módulo de rotura de cada ladrillo provenientes de la ladrillera C, obteniendo un valor mínimo de 0.48 Pa, un máximo de 1.22 y un promedio de 0.8 Pa, la desviación estándar que presentaron los resultados de los diez (10) ladrillos ensayados fue de 0.23 Pa.

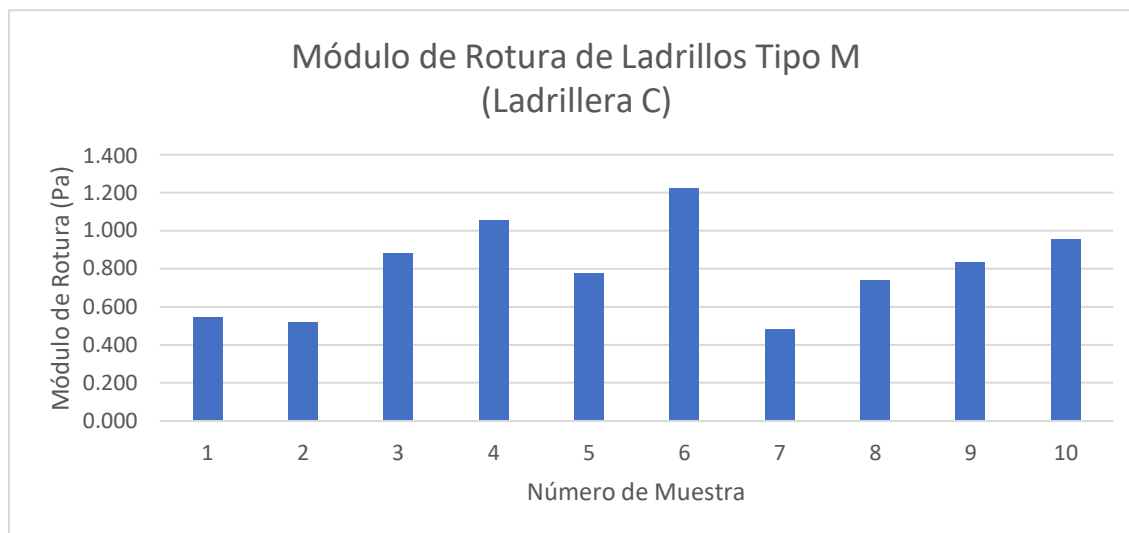


Figura 103. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera C. (Fuente Propia).

4.2.3.3. Resistencia a la compresión

Al calcular la resistencia a la compresión que presenta cada muestra de ladrillo de arcilla ensayada, al igual que el promedio por cada 5 unidades, se procede a comparar con los valores mínimos exigidos por la (NTC-4205, 2000) y corroborar si la ladrillera C cumple con este parámetro de calidad. En la Figura 104 y Figura 105 se presentan los resultados obtenidos de cada muestra, al igual que los valores de resistencia a compresión exigidos para ladrillos de uso estructural y ladrillos de uso no estructural respectivamente

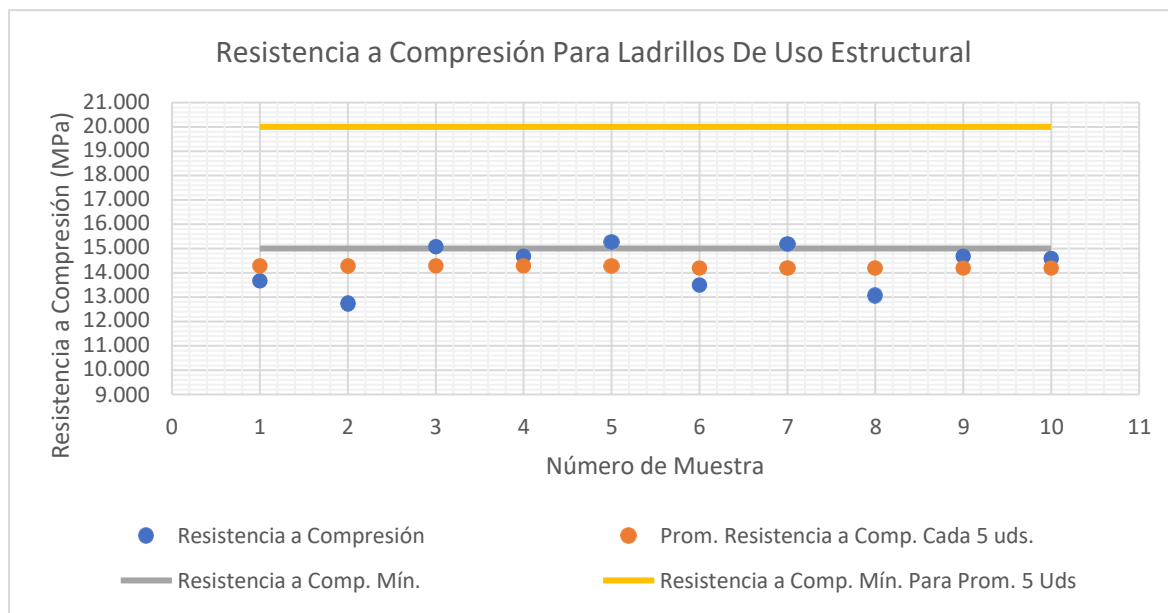


Figura 104. Resistencia a compresión de ladrillos de uso estructural extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia).

De acuerdo con la Figura 104 se logra observar que solo el 30% de los ladrillos tipo macizos ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso estructural, la cual es de 15.0 MPa; por otro lado, ninguno de los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas cumple con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 20.0 MPa

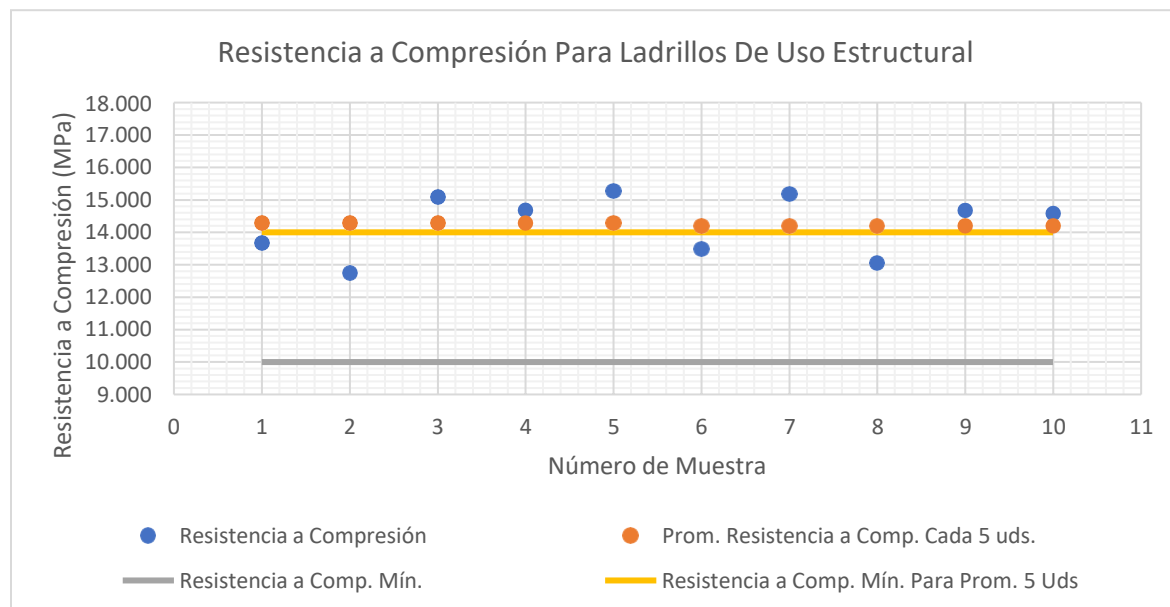


Figura 105. Resistencia a compresión de ladrillos de uno no estructural extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia).

En la Figura 105 establece que el 100% de los ladrillos tipo macizos ensayados cumplen con la resistencia mínima a compresión por unidad establecida para uso no estructural, la cual es de 10.0 MPa; en la misma línea, también los dos promedios obtenidos por cada 5 unidades ensayadas cumplen con la resistencia mínima requerida para estos, la cual es de 14.0 MPa.

4.2.3.4. Absorción de agua

Se determina el porcentaje de absorción para cada unidad de mampostería de arcilla extraída de la ladrillera C, con el fin de establecer si cumple con la absorción máxima establecida por la (NTC-4205, 2000).

En la Figura 106 y Figura 107 se presentan las absorciones obtenidas para cada ladrillo tipo macizo y los valores máximos permitidos para ladrillos de uso estructural y no estructural respectivamente.

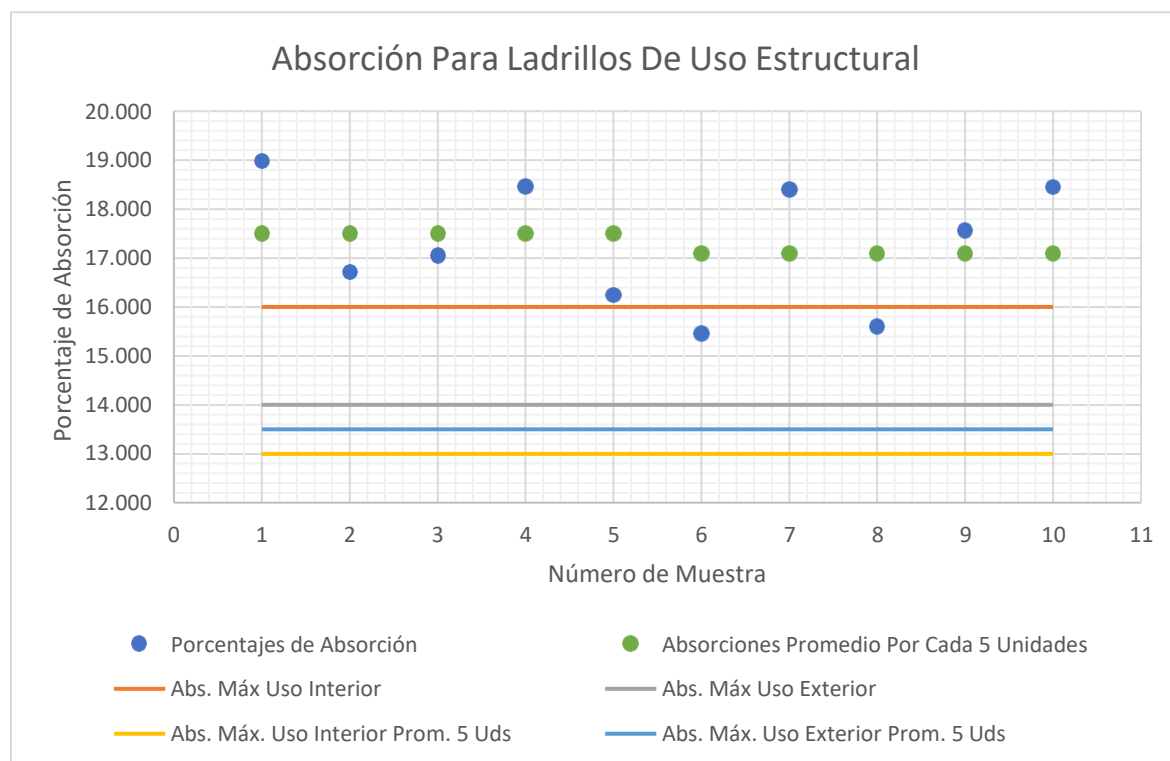


Figura 106. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera C.
 (Fuente Propia).

En la Figura 106 se observa que, para uso estructural, el 80% de los ladrillos no cumplen con la absorción máxima para usos en interior, y así mismo, el 100% de estos ladrillos tampoco cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

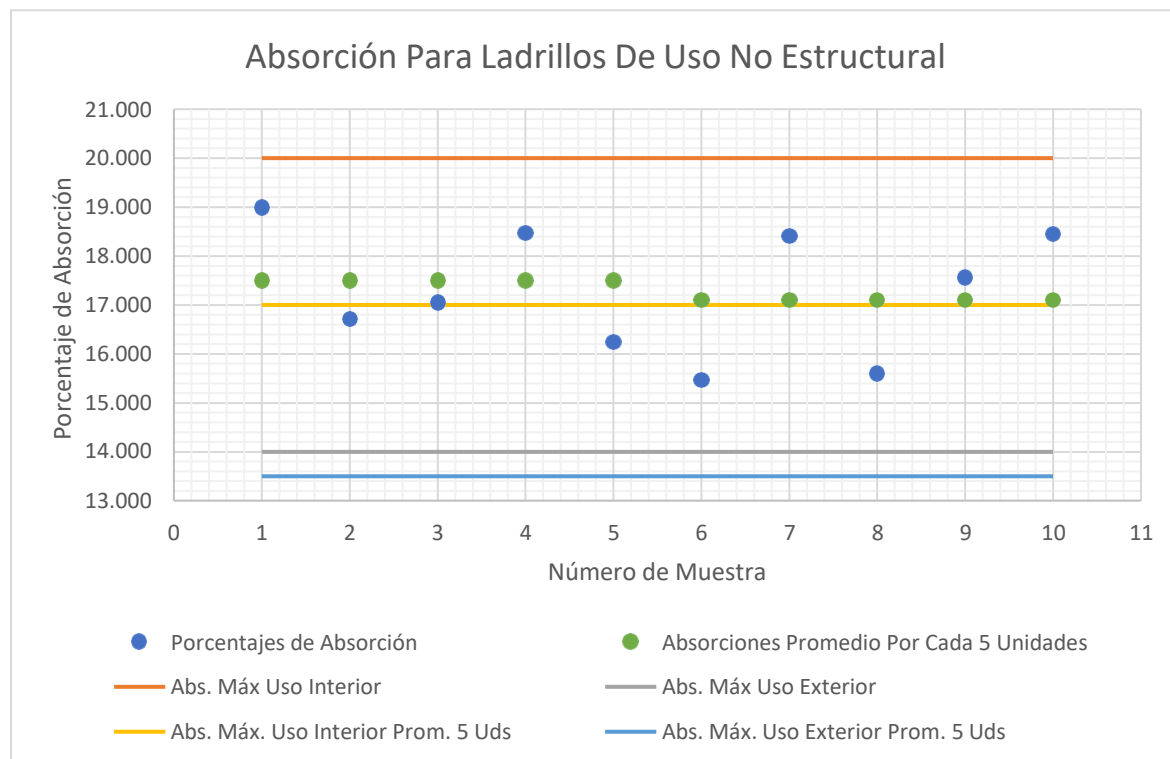


Figura 107. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera C.
(Fuente Propia).

En la Figura 107 se observa que, para uso no estructural, el 100% de los ladrillos cumplen con la absorción máxima para usos en interior, por el contrario, el 100% de estos ladrillos no cumplen con la absorción máxima para uso en exteriores.

En cuanto a los promedios determinados por cada 5 unidades, las muestras presentan absorciones superiores a las permitidas tanto para usos en interiores y exteriores.

4.2.3.5. Medición dimensional

Utilizando la Ecuación 4 obtenemos la tolerancia dimensional máxima permitida por la NTC-4205 para cada dimensión de las unidades de mampostería de arcilla, la cual se presenta en la Tabla 24.

Tabla 24.

Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la Ladrillera C.

<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia dimensional (mm)</i>	<i>Rango de tolerancia (cm)</i>
Ancho	7.0	2	6.8 – 7.2
Alto	13.0	3	12.7 – 13.3
Largo	26.5	4	26.1 – 26.9

Nota: Tolerancia dimensional permitida por la Norma Técnica Colombiana con respecto a las dimensiones de diseño para ladrillos de arcilla. (Fuente propia).

En las siguientes figuras se presentan las medidas promedio de los ladrillos de arcilla (ancho, alto y largo), extraídos de la Ladrillera C; y así mismo, la tolerancia máxima y mínima de cada una de las dimensiones.

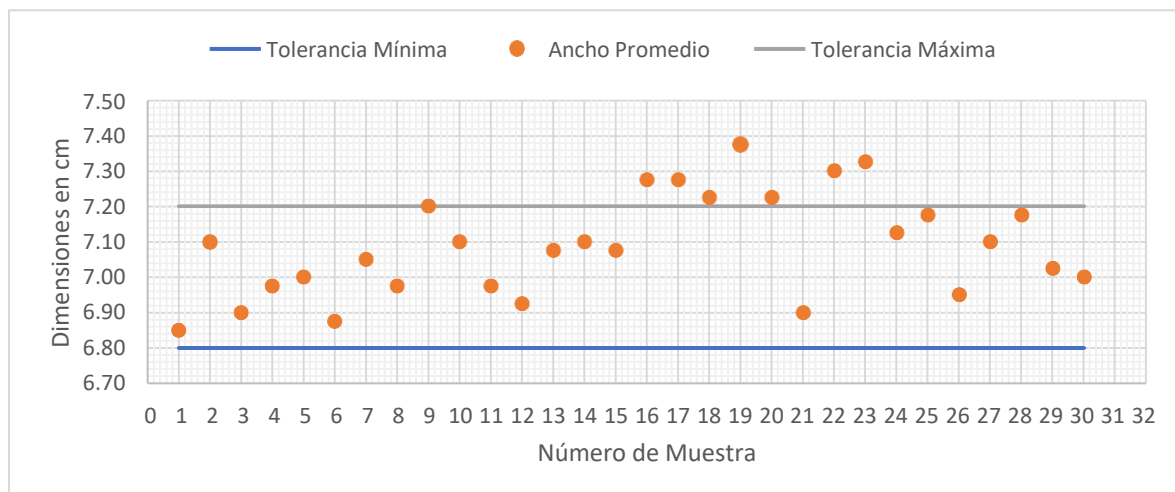


Figura 108. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la Ladrillera C. (fuente propia).

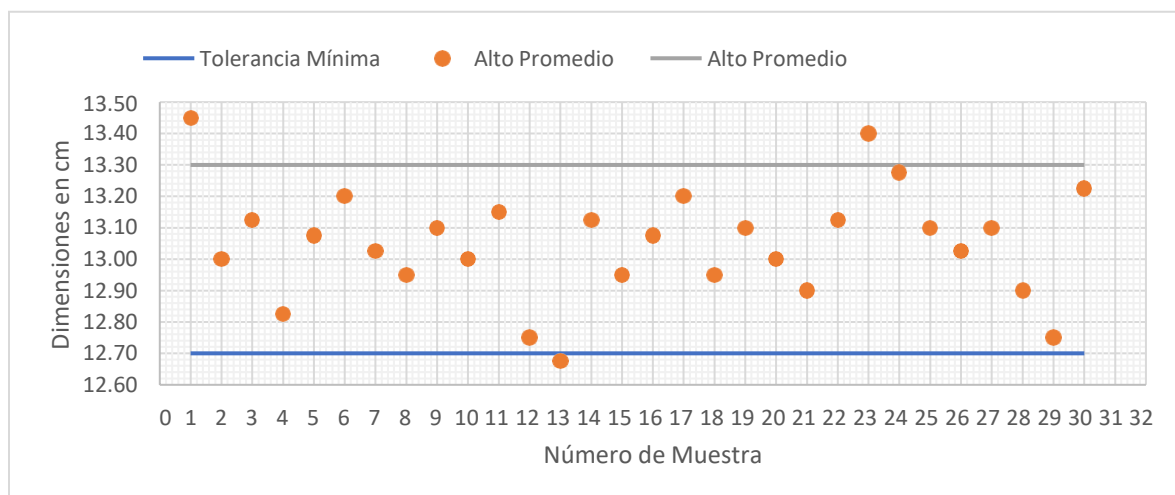


Figura 109. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la Ladrillera C. (fuente propia).

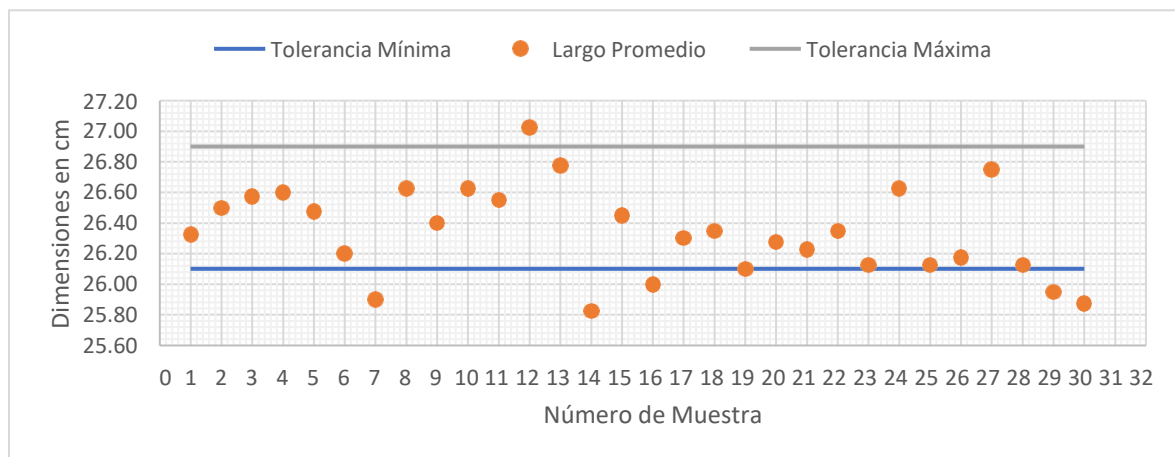


Figura 110. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la Ladrillera C. (fuente propia).

Con base en lo anterior, se logra determinar que un 47% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la Ladrillera C no cumplen con la tolerancia dimensional establecida por la (NTC-4205, 2000); es decir, 14 de las 30 muestras estudiadas están por debajo de las medidas de ancho, alto y largo mínimas determinado en la Tabla 24.

En la Figura 111 se logra observar que la mayor variación dimensional de la medida real en comparación con la de diseño es el ancho, con un valor de 5.36%.

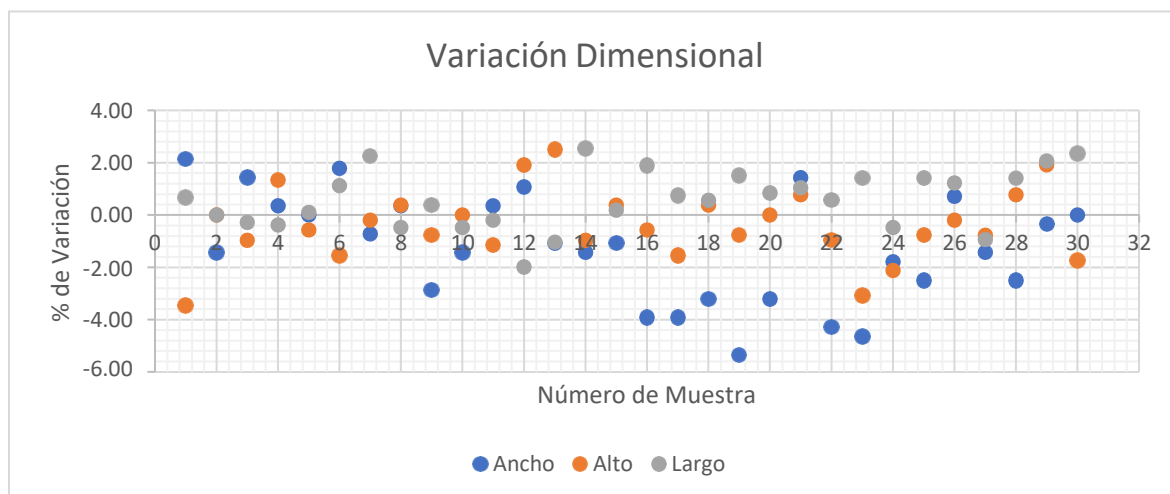


Figura 111. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera C. (Fuente Propia).

4.2.3.6. Medición de alabeo

Para la medición de alabeo de ladrillos de arcilla provenientes de la Ladrillera C, se determinan en la Tabla 25 las tolerancias establecidas por la (NTC-4205, 2000) para cada una de las superficies y bordes, la cual des del 1% de la dimensión de diseño.

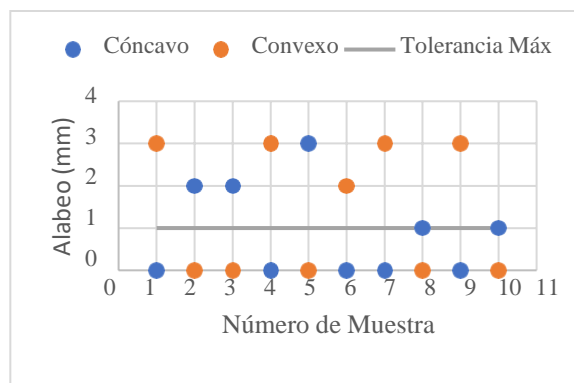
Tabla 25.

Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la Ladrillera C.

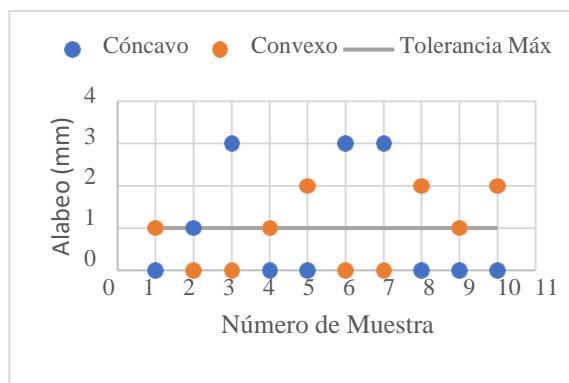
<i>Alabeo en superficies</i>			<i>Alabeo en bordes</i>		
<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia de distorsión (mm)</i>	<i>Medida</i>	<i>Dimensión de diseño (cm)</i>	<i>Tolerancia de distorsión (mm)</i>
A x H	7.0 x 13.0	1	Ancho	7.0	1
A x H	7.0 x 26.5	3	Alto	12.0	1
A x H	13.0 x 26.5	3	Largo	24.0	3

Nota: Tolerancia de distorsión máxima permitida por la Norma Técnica Colombiana para ladrillos de arcilla (A: ancho, H: alto). (Fuente propia).

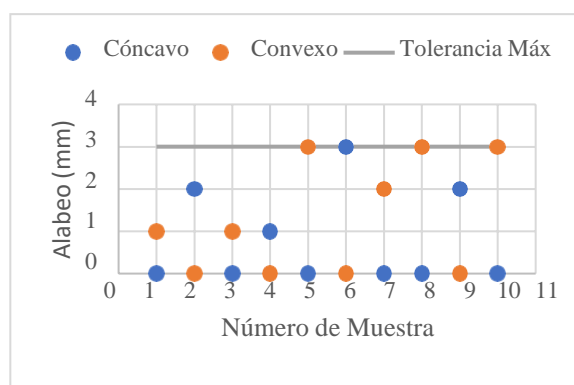
En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en las superficies de las unidades de mampostería ensayadas.



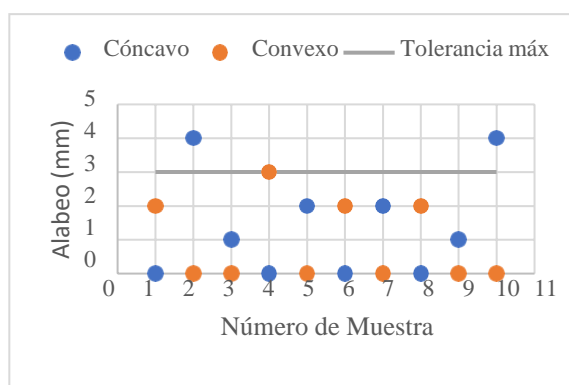
(a) Sección 1 (7cm x 13cm)



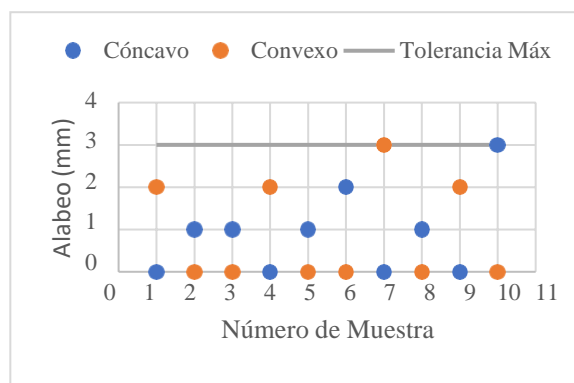
(b) Sección 2 (7cm x 13cm)



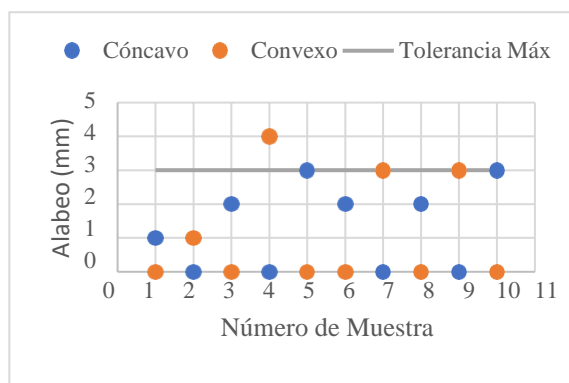
(c) Sección 1 (7cm x 26.5cm)



(d) Sección 2 (7cm x 26.5cm)



(e) Sección 1 (13cm x 26.5cm)

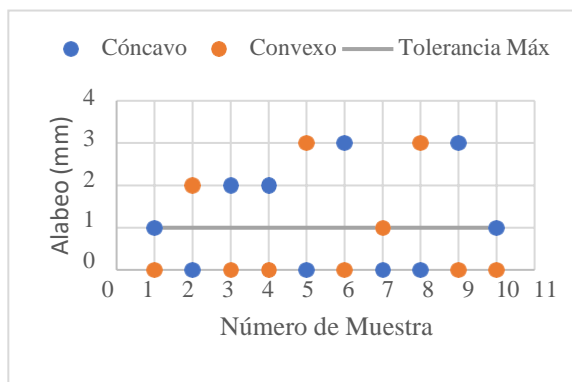


(f) Sección 2 (13cm x 26.5cm)

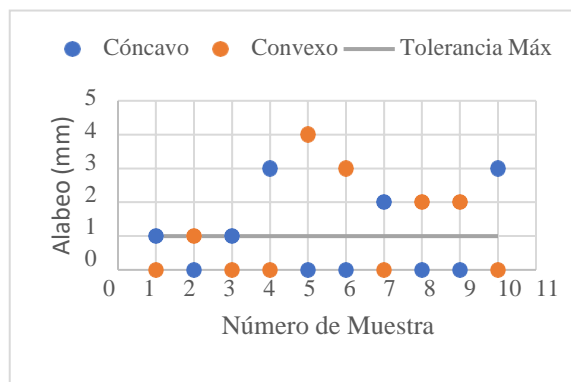
Figura 112. Alabeo en superficies de muestras extraídas de Ladrillera C. (Fuente propia).

Tomando como referencia la tolerancia de distorsión para superficies de la Tabla 25, se determina que el 100% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la Ladrillera C no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, los 10 ladrillos ensayados presentan

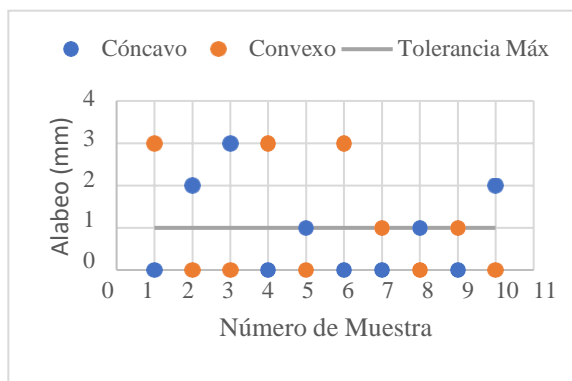
desviaciones en la superficie superiores al 1% de la dimensión de diseño. En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de las desviaciones en los bordes.



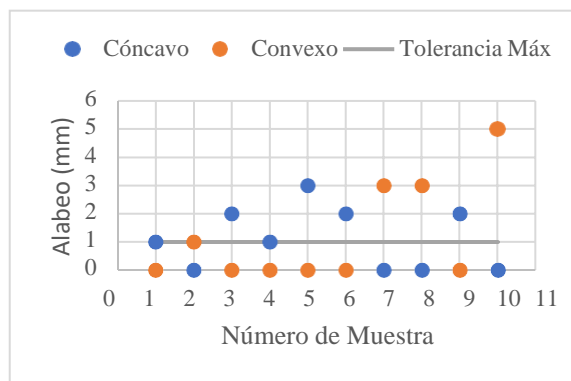
(a) Borde 1 (7cm)



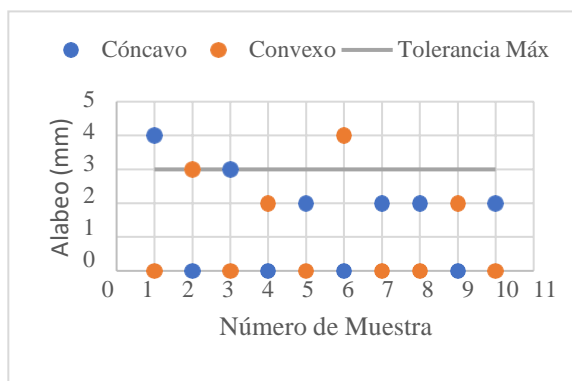
(b) Borde 2 (7cm)



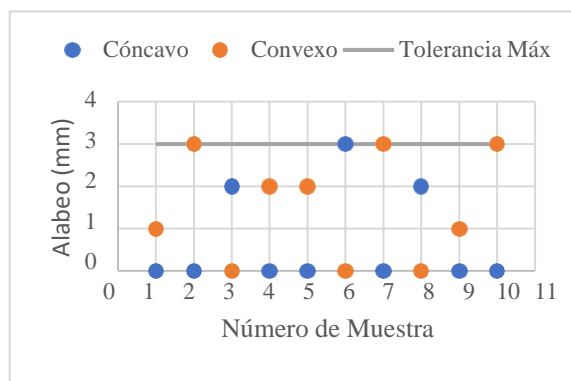
(c) Borde 1 (13cm)



(d) Borde 2 (13cm)



(e) Borde 1 (26.5cm)



(f) Borde 2 (26.5cm)

Figura 113. Alabeo en bordes de muestras extraídas de Ladrillera C. (Fuente propia).

De acuerdo con la Tabla 25 donde se establece la tolerancia de distorsión para bordes en ladrillos, se determina que el 100% de los ladrillos de arcilla ensayados provenientes de la Ladrillera C no cumplen con la tolerancia de distorsión requerida, es decir, los 10 ladrillos ensayados presentan desviaciones en los bordes superiores al 1% de la dimensión de diseño.

4.3. Consolidación de datos

De acuerdo con los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, en este inciso se resumen partiendo de la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205) el cumplimiento de cada una de las ladrilleras en cuanto a los valores establecidos para cada uno de los parámetros.

En la misma línea, con base en que la Norma Técnica Colombiana no establece valores para el cumplimiento en cuanto a las propiedades de módulo de rotura y determinación de la masa, a continuación, se presenta el resumen de los promedios de los valores obtenidos en los ensayos de dichas propiedades por cada una de las ladrilleras.

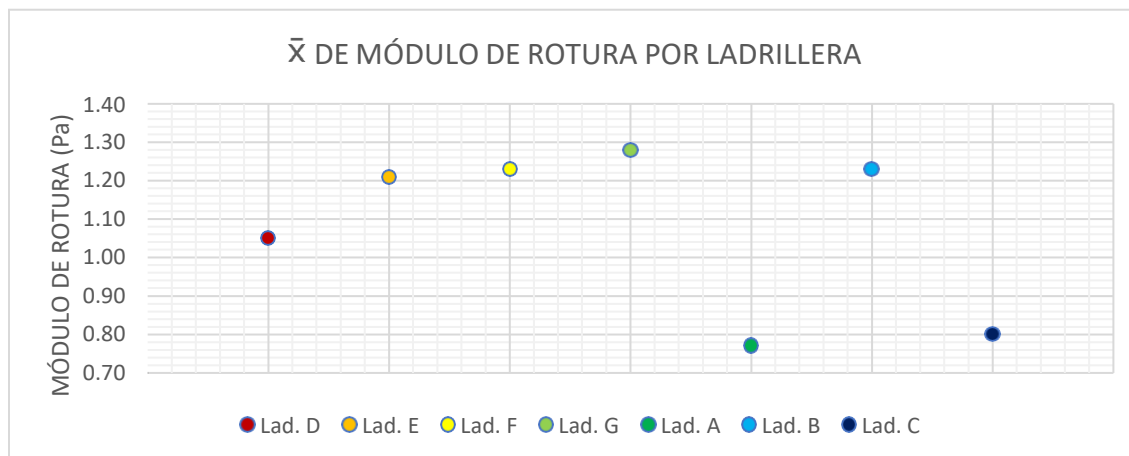


Figura 114. Promedios de módulos de rotura obtenido por las muestras de las ladrilleras ensayadas. (Fuente propia).

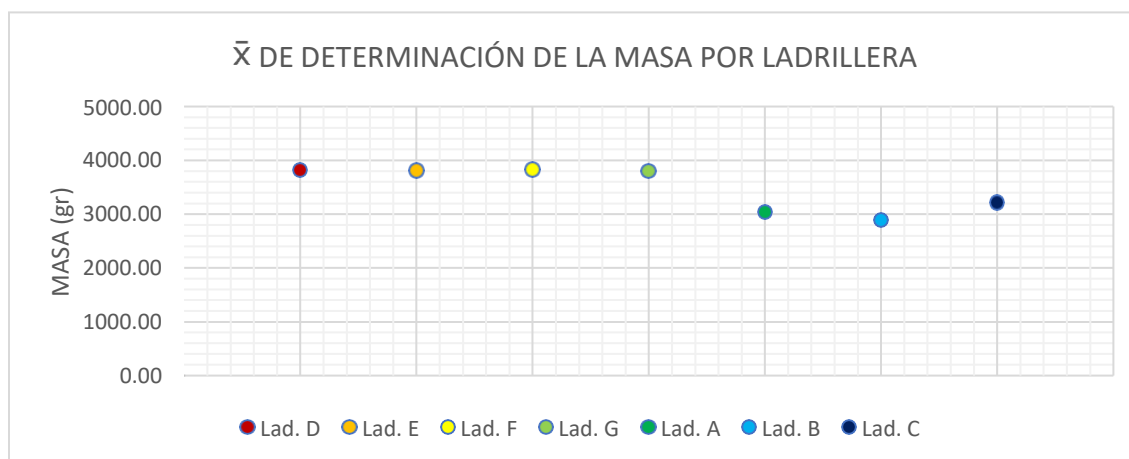


Figura 115. Promedios de absorción obtenido por las muestras de las ladrilleras ensayadas. (Fuente propia).

Tabla 26.

Porcentajes de cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205) de los parámetros de absorción y resistencia a la compresión de las muestras ensayadas.

<i>Ladrillera</i>	<i>Absorción</i>				<i>Resistencia a compresión</i>	
	<i>Uso estructural</i>		<i>Uso no estructural</i>		<i>Uso estructural</i>	<i>Uso no estructural</i>
	<i>Interior</i>	<i>Exterior</i>	<i>Interior</i>	<i>Exterior</i>		
Lad. D	0%	0%	90%	0%	60%	100%
Lad. E	0%	0%	90%	0%	40%	100%
Lad. F	0%	0%	100%	0%	70%	100%
Lad. G	0%	0%	100%	0%	50%	100%
Lad. A	10%	0%	100%	0%	60%	100%
Lad. B	20%	10%	90%	10%	50%	100%
Lad. C	20%	0%	100%	0%	30%	100%

Nota: Se presentan los porcentajes de cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205) de los parámetros de calidad (absorción y resistencia a la compresión) por parte de las muestras extraídas de cada ladrillera en estudio.

Tabla 27.

Porcentajes de cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205) de los parámetros de medición dimensional y medición de alabeo de las muestras ensayadas.

<i>Ladrillera</i>	<i>Medición dimensional</i>	<i>Alabeo en superficies</i>	<i>Alabeo en bordes</i>
Lad. D	30%	30%	0%
Lad. E	33%	60%	10%
Lad. F	40%	30%	0%
Lad. G	37%	20%	0%
Lad. A	60%	10%	0%
Lad. B	20%	0%	0%
Lad. C	53%	0%	0%

Nota: Se presentan los porcentajes de cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205) de los parámetros de calidad (absorción y resistencia a la compresión) por parte de las muestras extraídas de cada ladrillera en estudio.

A continuación, se presenta de manera general los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión, para cada una de las muestras ensayadas.

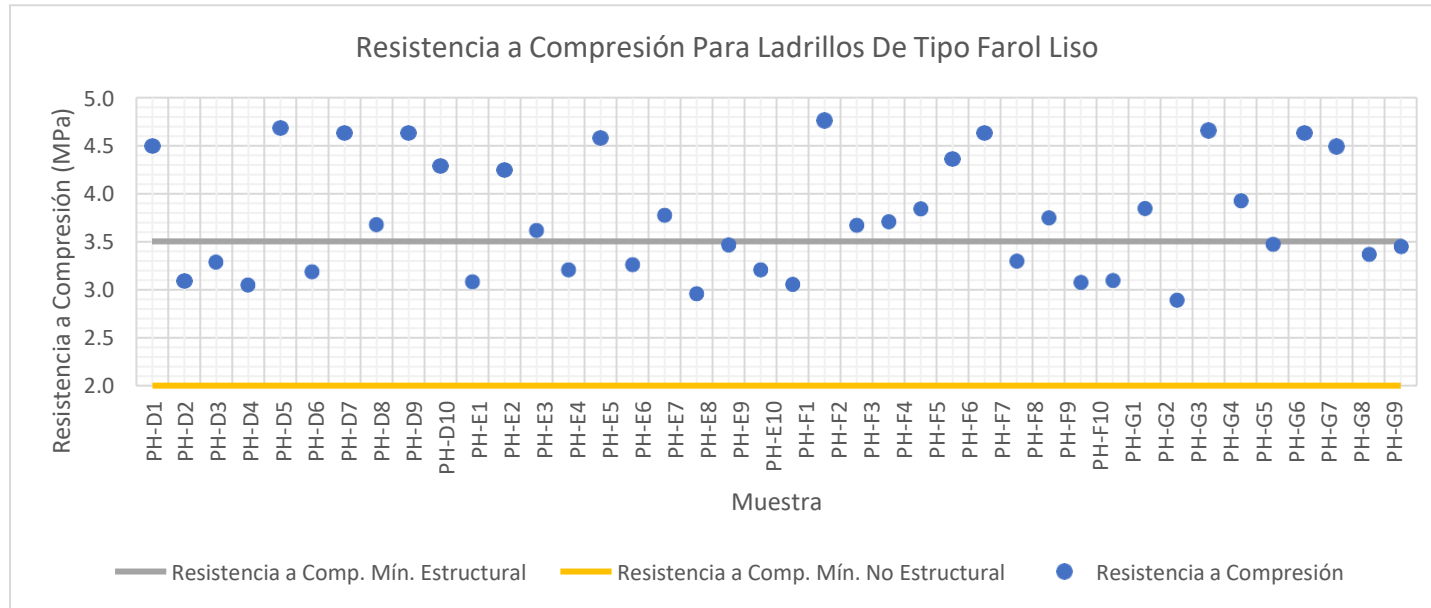


Figura 116. Resistencia a la compresión de cada muestra de ladrillo con perforación horizontal ensayado. (Fuente propia).

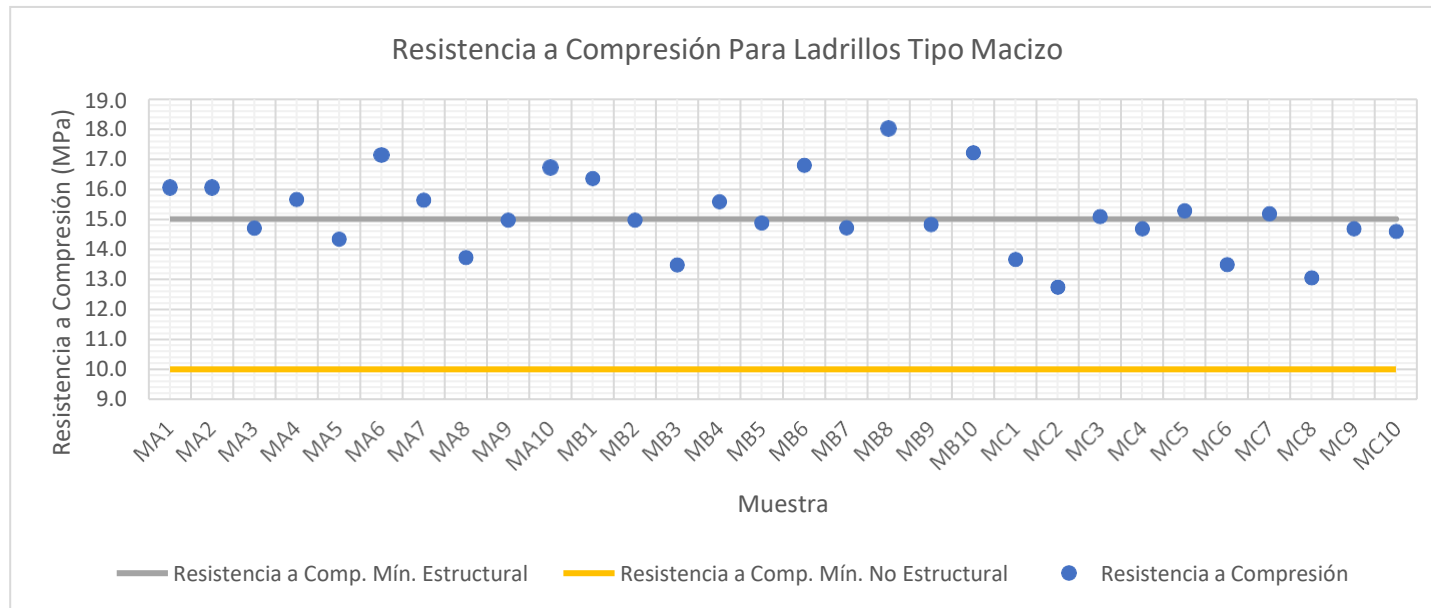


Figura 117. Resistencia a la compresión de cada muestra de ladrillo de tipo macizo ensayado. (Fuente propia).

A continuación, se presenta de manera general los resultados obtenidos en el ensayo absorción de agua, para cada una de las muestras ensayadas.

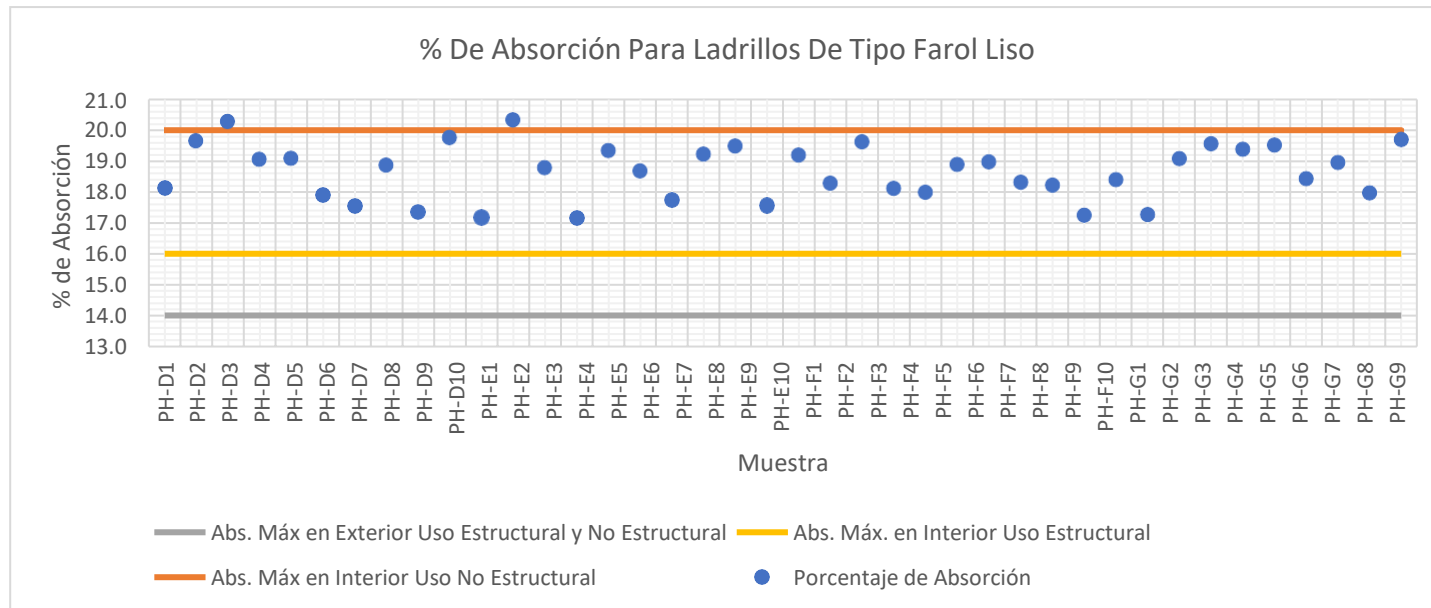


Figura 118. Absorción de agua de cada muestra de ladrillo con perforación horizontal ensayado. (Fuente propia).

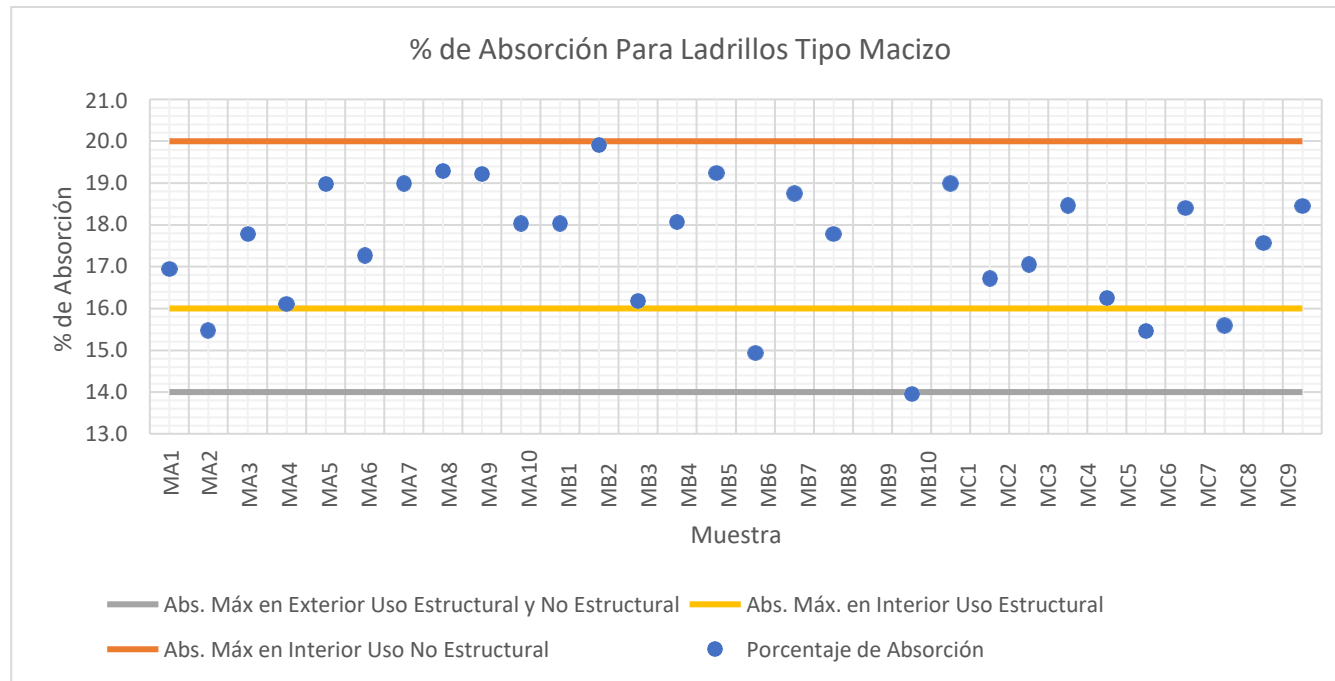


Figura 119. Resistencia a la compresión de cada muestra de ladrillo de tipo macizo ensayado. (Fuente propia).

Capítulo 5.

Conclusiones

Teniendo en cuenta los valores establecidos por la Norma Técnica Colombiana para cada uno de los parámetros evaluados y, con base en los resultados obtenidos para la resistencia a la compresión, se logró establecer que para uso estructural ninguna de las ladrilleras en estudio cumplen en su totalidad con este parámetro, adicionalmente se obtuvieron valores muy dispersos entre sí; ahora bien para uso no estructural, encontramos que el 100% de los ladrillos ensayados cumplen con los valores mínimos establecidos.

En la misma línea, en cuanto a los resultados obtenidos en los ensayos de absorción, se tiene que para uso estructural tanto en interiores como exteriores, y para uso no estructural en exteriores, las muestras presentan valores de absorción muy superiores a los máximos requeridos por la Norma, también se evidencia que el porcentaje más alto de cumplimiento fue tan solo del 20% perteneciente a los ladrillos de tipo macizo macizos; para uso no estructural, se observó un mejor comportamiento por las muestras, experimentando porcentajes de cumplimiento que varía entre 90% y 100%.

Para el análisis dimensional y de alabeo tanto en superficie como en bordes de los ladrillos de arcilla, se obtuvieron resultados muy dispersos, en los cuales ninguna muestra procedente de las distintas ladrilleras en estudio cumplió en su totalidad con el porcentaje máximo de desviación establecido por la Norma Técnica Colombiana para dichas muestras. El caso más crítico lo presenta la propiedad física de alabeo en bordes, ya que solo la fábrica Ladrillera E cumplió en un 10% con este requerimiento, en cuanto al resto de las fábricas, ninguna de sus muestras cumplió con este parámetro.

Finalmente, al realizar el ensayo de módulo de rotura, se obtuvieron valores de esfuerzos muy bajos, que oscilan entre 0.77 MPa hasta 1.28 MPa, los valores más dispersos los presentan los ladrillos de arcilla de tipo macizos.

Capítulo 6. Recomendaciones

Para efectos de transporte de las unidades de mampostería, se recomienda proteger los lotes de las muestras, con el fin de reducir el contacto con superficies externas, y a su vez los impactos sobre estas.

Si se desea implementar el uso de ladrillos de arcilla en fachadas, se recomienda el uso de impermeabilizantes, con el fin de evitar altas absorciones por parte de las superficies en exteriores expuestas a las lluvias.

Se recomienda a los fabricantes de ladrillos artesanales de la zona a estandarizar sus procesos de fabricación, con el fin de mejorar los procesos y alcanzar la calidad mínima exigida por la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205).

Capítulo 7. Bibliografía

- Afanador García, N., Ibarra Jaime, A., & López Durán, C. (2013). *CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS EMPLEADAS EN PASTA CERÁMICA PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS EN LA ZONA DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER*. Ocaña.
- Aguilera, M. (2016). *CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL TABIQUE DE BARRO RECOCIDO PARA LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES Y ÁREA CONURBADA*. AGUASCALIENTES .
- Barros, J. (2005). *MUROS DE CONTENCIÓN*. ESPAÑA: CEAC.
- CAEM. (2015). *VALIDATE INVENTORY OF THE BRICK SECTOR IN COLOMBIA*. COLOMBIA.
- DecorexPro. (21 de octubre de 2020). *LADRILLOS DE ARCILLA: COMPOSICIÓN, PROPIEDADES Y TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN*. Obtenido de <https://es.decorexpro.com/kirpich/iz-gliny/>
- El País. (15 de marzo de 2015). *SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN, MOTOR DEL CRECIMIENTO DE LA ECONOMÍA*. Obtenido de <https://www.elpais.com.co/economia/sector-de-la-construccion-motor-del-crecimiento-de-la.html>
- Fernández, D. (2015). *INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE VIDRIO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE UN LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL DE CAJAMARCA*. CAJAMARCA.
- García, V. (2018). *EJECUCIÓN DE FÁBRICAS PARA REVESTIR*. MÁLAGA: IC EDITORIAL.

- Grawitz, M. (1975). *MÉTODOS Y TÉCNICAS DE LAS CIENCIAS SOCIALES*. Barcelona, España: Editorial Hispana Europea.
- Gutiérrez, O. (2003). *MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL*. BOGOTÁ.
- Habitissimo. (7 de noviembre de 2020). *MUROS EN MAMPOSTERÍA*. Obtenido de https://fotos.habitissimo.com.co/foto/muros-en-mamposteria_53899
- Ladrillera La Esmeralda. (15 de septiembre de 2020). *PROCESO CONSTRUCTIVO DE LADRILLOS DE ARCILLA*. Obtenido de <http://www.ladrilleralesmeralda.com/sitio/nuestros-procesos/>
- Mark, R. (2002). *TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICA HASTA LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA: ARTE Y ESTRUCTURA DE LAS GRANDES CONSTRUCCIONES*. ESPAÑA: AKAL.
- Martínez, H., & Ávila, E. (2012). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. MÉXICO D.F.: CENGAGE LEARNING EDITORES S.A. DE C.V.
- Mayorga, J. (2017). *ELABORACIÓN DE UN MANUAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE MAMPOSTERÍA EN NICARAGUA*. MANAGUA.
- Naghi Namakforoosh, M. (2000). *Metodología de la investigación*. México: Editorial Limusa.
- Namakforoosh, M. (2005). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. MÉXICO D.F.: LIMUSA S.A. DE C.V.
- NMX-C-037-ONNCEE. (2005). *BLOQUES, LADRILLOS O TABIQUES Y TABICONES DE CONCRETO -DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA*". MÉXICO D.F.
- NMX-C-038-ONNCEE. (2014). *DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES*. MÉXICO.

- NMX-C-404-ONNCCE. (2012). *BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES PARA USO ESTRUCTURAL, ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO*. MÉXICO D.F.
- NSR-10. (2010). *REGLAMENTO COLOMBIANO DE SCONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, TÍTULO D: MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL*. BOGOTÁ.
- NTC-296. (2000). *DIMENSIONES MODULARES DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE ARCILLA COCIDA. LADRILLOS Y BLOQUES CERÁMICOS*. BOGOTÁ.
- NTC-4017. (2005). *MÉTODO PARA MUESTREO Y ENSAYOS DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA Y OTROS PRODUCTOS DE ARCILLA*. BOGOTÁ.
- NTC-4051. (2005). *PRODUCTOS CERÁMICOS PARA CONSTRUCCIÓN, DEFINICIONES Y TÉRMINOS*. BOGOTÁ D.C.
- NTC-4205. (2000). *UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE ARCILLA COCIDA. LADRILLOS Y BLOQUES CERÁMICOS*. BOGOTÁ D.C.
- Pena, S. (27 de febrero de 2008). *ESCALERAS DE LADRILLOS DE ARCILLA*. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bNfvXMe2q5wJ:https://www.eblogdeapa.com/construction/escalera-de-ladrillo-macizo/+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- Pimienta, C. (5 de noviembre de 2019). *LADRILLERAS DE COLOMBIA, UNIDAS EN NUEVO COMITÉ DE LA ANDI*. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Home/Noticia/15597-ladrilleras-de-colombia-unidas-en-nuevo>
- Reynolds, M. (2017). *LA NAVETIERRA COMO CONSTRUIR LA SUYA*. EDICIÓN ELECTRONICA EBOOKLT.COM.

Roa, M. (2005). *METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE UN FACTOR DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO [FEPM] EN CHIRCALES DE PATIO BONITO EN EL MUNICIPIO DE NEMOCÓN CUNDINAMARCA*. BOGOTÁ.

Rocas y Minerales. (31 de Agosto de 2018). *HISTORIA DEL LADRILLO DE ARCILLA*.

Obtenido de www.rocasyminales.net

Rodríguez, O. (2015). *ANÁLISIS Y CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL SEGÚN LA NORMA DE SISMO RESISTENCIA NSR-10*. BOGOTÁ.

Sánchez, c. (2004). *METODOLOGIAS DE DISEÑO PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL BASADAS EN LA NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO-RESISTENTE, NSR-10*. BUCARAMANGA.

Trabanco, P. (2005). *CONTROL DE EJECUCIÓN DE TABIQUERÍAS Y CERRAMIENTOS*. ESPAÑA: LEX NOVA.

Universidad Nacional de Colombia. (17 de noviembre de 2016). *LADRILLOS DE ARCILLA, APTO PARA ZONAS SÍSMICAS*. Obtenido de <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/ladrillo-de-arcilla-apto-para-zonas-sismicas.html>

Winter, G., & Nilson, A. (2002). *PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN*. BARCELONA: REVERTÉ.

Yuni, J., & Urbano, C. (2006). *RECURSOS METODOLÓGICOS PARA LA PREPARACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN*. CÓRDOBA: EDITORIAL BRUJAS.

Lista de tablas

Tabla 1. Ejemplos de dimensiones reales de mampostería.	27
Tabla 2. Espesor de paredes y tabiques para unidades de mampostería estructural	29
Tabla 3. Espesor de paredes y tabiques para unidades de mampostería no estructural. ...	29
Tabla 4. Producción de ladrillos en Colombia por departamento	34
Tabla 5. Ensayos para realizar a las unidades de mampostería.....	37
Tabla 6. Resistencia mínima a compresión en ladrillos de arcilla para uso estructural. ...	42
Tabla 7. Resistencia mínima a la compresión en ladrillos de arcilla para uso no estructural.....	43
Tabla 8. Porcentajes de absorción de agua en ladrillos de arcilla para uso estructural....	44
Tabla 9. Porcentajes de absorción de agua en ladrillos de arcilla para uso no estructural.	44
Tabla 10. Localización de las fábricas de ladrillos de arcilla en estudio.	49
Tabla 11. Dimensiones de diseño de las unidades de ladrillos de arcilla.....	52
Tabla 12. Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la fábrica D.	58
Tabla 13. Tolerancia de distorsión en las superficies y bordes de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la fábrica D.	61
Tabla 14. Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la fábrica Ladrillera E.	70
Tabla 15. Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la fábrica Ladrillera E.	73
Tabla 16. Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la fábrica Ladrillera F.....	81

Tabla 17 Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la fábrica Ladrillera F	84
Tabla 18. Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la fábrica G.	92
Tabla 19 Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la fábrica G.....	95
Tabla 20. Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la fábrica Ladrillera A.	103
Tabla 21. Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la fábrica Ladrillera A.	106
Tabla 22. Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la Ladrillera B.	115
Tabla 23. Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la Ladrillera B	118
Tabla 24. Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla extraídos de la Ladrillera C.	127
Tabla 25. Tolerancia de distorsión de ladrillos con perforación horizontal extraídos de la Ladrillera C	130
Tabla 26. Porcentajes de cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205) de los parámetros de absorción y resistencia a la compresión de las muestras ensayadas.	135
Tabla 27. Porcentajes de cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205) de los parámetros de medición dimensional y medición de alabeo de las muestras ensayadas.	136
Tabla 28. Nomenclatura utilizada para la identificación de los ladrillos de arcilla	165
Tabla 29. Determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D	167
Tabla 30. Determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E.....	168

Tabla 31. Determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F	170
Tabla 32. Determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G	171
Tabla 33. Determinación de la masa de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A	174
Tabla 34. Determinación de la masa de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B	175
Tabla 35. Determinación de la masa de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C	177
Tabla 36. Resultados de módulo de rotura de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D	180
Tabla 37. Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E	180
Tabla 38. Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F	181
Tabla 39. Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G.....	182
Tabla 40. Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A.....	184
Tabla 41. Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B.....	184
Tabla 42. Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C.....	185
Tabla 43. Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D	187
Tabla 44. Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E.....	188

Tabla 45. Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera F.....	189
Tabla 46. Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G	190
Tabla 47. Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A	192
Tabla 48. Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B	193
Tabla 49. Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C	194
Tabla 50. Determinación de absorción de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D.	196
Tabla 51. Determinación de absorción de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E .	197
Tabla 52. Determinación de absorción de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F	198
Tabla 53. Determinación de absorción de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G.	199
Tabla 54. Determinación de absorción de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A	201
Tabla 55. Determinación de absorción de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B	202
Tabla 56. Determinación de absorción de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C	203
Tabla 57. Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D	205
Tabla 58. Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E	207
Tabla 59. Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F	209

Tabla 60. Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G	211
Tabla 61. Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A	215
Tabla 62. Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B	217
Tabla 63. Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C	219
Tabla 64. Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D	223
Tabla 65. Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D	224
Tabla 66. Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E (Fuente Propia)	225
Tabla 67. Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E	226
Tabla 68. Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F	227
Tabla 69. Determinación de alabeo en Bordes de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F	228
Tabla 70. Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G	229

Tabla 71. Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G.....	230
Tabla 72. Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A	232
Tabla 73. Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A.....	233
Tabla 74. Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B	234
Tabla 75. Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B	235
Tabla 76. Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C	236
Tabla 77. Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C.....	237
Tabla 78. Presupuesto general del proyecto.....	238

Lista de figuras

Figura 1. Mampostería de unidades de arcilla macizas. (Pena, 2008).	6
Figura 2. Mampostería de unidades de arcilla con perforación horizontal. (Habitissimo, 2020)	6
Figura 3. Mampostería de cavidad reforzada. (Revista Construdata, 2001)	14
Figura 4. Mampostería reforzada. (Mayorga, 2017)	15
Figura 5. Mampostería parcialmente reforzada. (Sánchez, 2004).....	15
Figura 6. Mampostería no reforzada. (Rodríguez, 2015).....	16
Figura 7. Mampostería de muros confinados. (Sánchez, 2004)	17
Figura 8. Mampostería de muros diafragma. (Rodríguez, 2015)	18
Figura 9. Mampostería reforzada externamente. (Rodríguez, 2015)	18
Figura 10. Ladrillo de arcilla. (fuente propia).....	21
Figura 11. Modelación por extrusión de ladrillos de arcilla. (Ladrillera La Esmeralda, 2020)	22
Figura 12. Modelación manual de ladrillos de arcilla. (DecorexPro, 2020)	23
Figura. 13 Secado de ladrillos de arcilla. (Ladrillera La Esmeralda, 2020).....	23
Figura 14. Cocción de ladrillos de arcilla. (Ladrillera La Esmeralda, 2020)	24
Figura 15. Proceso de cocción de los ladrillos de arcilla (Fernández, 2015).....	24
Figura 16. Ladrillos con perforación vertical. (NTC-4205, 2000).....	25
Figura 17. Ladrillos con perforación horizontal. (NTC-4205, 2000)	25
Figura 18. Ladrillos macizos. (NTC-4205, 2000).....	26
Figura 19. (a) Ladrillo tipo macizo, (b) ladrillo tipo farol. (Fuente Propia).	26
Figura 20. Dimensiones de una pieza de ladrillo. (NMX-C-038-ONNCEE, 2014)	27

Figura 21. Tabiques y paredes en unidades de mampostería. (NTC-4205, 2000).	28
Figura 22. Productores de Ladrillo en América Latina. (Programa EELA, 2013).	32
Figura 23. Distribución geográfica del sector ladrillero en Colombia. (CAEM, 2015)....	33
Figura 24. Distribución geográfica de las principales ladrilleras en el Valle del Cauca (CAEM, 2015).	35
Figura 25. Tipos de ladrilleras en el Valle del Cauca (CAEM, 2015)	35
Figura 26. Selección y distribución de unidades de ladrillos de arcilla para ensayos de calidad. (Fuente Propia)	38
Figura 27. diagrama del montaje módulo de rotura. (NTC-4017, 2005)	39
Figura 28. Diagrama de cuerpo libre para la deducción de la formula del módulo de rotura. (NTC-4017, 2005)	40
Figura 29. Ubicación de las ladrilleras en estudio, en el municipio de Cartago. (Fuente Google Earth).....	50
Figura 30. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la ladrillera D. (Fuente Propia)	53
Figura 31. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera D. (Fuente Propia).	53
Figura 32. Resistencia a compresión de ladrillos de uno estructural extraídos de ladrillera D. (Fuente Propia).....	54
Figura 33. Resistencia a compresión de ladrillos de uno no estructural extraídos de ladrillera D. (Fuente Propia)	55
Figura 34. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso estructural de la ladrillera D. (Fuente Propia)	56

Figura 35. Parámetros absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera D. (Fuente Propia)	57
Figura 36. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la fábrica D. (Fuente Propia).....	59
Figura 37. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la fábrica D. (Fuente Propia).....	59
Figura 38. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la fábrica D. (Fuente Propia).....	59
Figura 39. Variación dimensional de las muestras extraídas de la fábrica D. (Fuente Propia).....	60
Figura 40. Alabeo en superficies de muestras extraídas de ladrillera D. (Fuente propia)	62
Figura 41. Alabeo en bordes de muestras extraídas de ladrillera D. (Fuente propia)	63
Figura 42. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera E. (Fuente Propia)	64
Figura 43. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera E. (Fuente Propia).	65
Figura 44. Resistencia a compresión de ladrillos de uno estructural extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia).	66
Figura 45. Resistencia a compresión de ladrillos de uno no estructural extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia)	67
Figura 46. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso estructural de la ladrillera E. (Fuente Propia).....	68
Figura 47. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera E. (Fuente Propia).....	69

Figura 48. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera E. (fuente propia)	71
Figura 49. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera E. (fuente propia)	71
Figura 50. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera E. (fuente propia)	72
Figura 51. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera E. (Fuente Propia).....	72
Figura 52. Alabeo en superficies de muestras extraídas de Ladrillera E. (Fuente propia).	74
Figura 53. Alabeo en bordes de muestras extraídas de Ladrillera E. (Fuente propia)	75
Figura 54. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera F. (Fuente Propia).....	76
Figura 55. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera F. (Fuente Propia).....	77
Figura 56. Resistencia a compresión de ladrillos de uno estructural extraídos de Ladrillera F. (Fuente Propia)	78
Figura 57. Resistencia a compresión de ladrillos de uno no estructural extraídos de Ladrillera F. (Fuente Propia).....	78
Figura 58. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso estructural de la ladrillera F. (Fuente Propia)	79
Figura 59. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera F. (Fuente Propia)	80

Figura 60. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera F. (fuente propia).....	82
Figura 61. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera F (fuente propia).....	82
Figura 62. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera F (fuente propia).....	83
Figura 63. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera F. (Fuente Propia).....	83
Figura 64. Alabeo en superficies de muestras extraídas de Ladrillera F. (Fuente propia).	85
Figura 65. Alabeo en bordes de muestras extraídas de Ladrillera F. (Fuente propia).	86
Figura 66. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera G. (Fuente Propia)	87
Figura 67. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera G. (Fuente Propia).....	88
Figura 68. Resistencia a compresión de ladrillos de uno estructural extraídos de Ladrillera G. (Fuente Propia).....	89
Figura 69. Resistencia a compresión de ladrillos de uno no estructural extraídos de Ladrillera G. (Fuente Propia)	89
Figura 70. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso estructural de la ladrillera G. (Fuente Propia)	90
Figura 71. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera G (Fuente Propia)	91
Figura 72. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la fábrica G. (fuente propia).....	93

Figura 73. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la fábrica G. (fuente propia).....	93
Figura 74. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la fábrica G. (fuente propia).....	94
Figura 75. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera G. (Fuente Propia).....	94
Figura 76. Alabeo en superficies de muestras extraídas de Ladrillera G (Fuente propia).	96
Figura 77. Alabeo en bordes de muestras extraídas de la ladrillera G (Fuente propia)	97
Figura 78. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera A. (Fuente Propia)	98
Figura 79. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera A. (Fuente Propia).....	99
Figura 80. Resistencia a compresión de ladrillos de uno estructural extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia).....	100
Figura 81. Resistencia a compresión de ladrillos de uno no estructural extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia)	100
Figura 82. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso estructural de la ladrillera A. (Fuente Propia)	101
Figura 83. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera A. (Fuente Propia)	102
Figura 84. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera A. (fuente propia).....	104
Figura 85. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera A. (fuente propia).....	104

Figura 86. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la fábrica Ladrillera A. (fuente propia).....	105
Figura 87. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera A. (Fuente Propia).....	105
Figura 88. Alabeo en superficies de muestras extraídas de Ladrillera A. (Fuente propia).....	107
Figura 89. Alabeo en bordes de muestras extraídas de Ladrillera A. (Fuete propia).....	108
Figura 90. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera B. (Fuente Propia)	109
Figura 91. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera B. (Fuente Propia).	110
Figura 92. Resistencia a compresión de ladrillos de uno estructural extraídos de Ladrillera B. (Fuente Propia).....	111
Figura 93. Resistencia a compresión de ladrillos de uno no estructural extraídos de Ladrillera B. (Fuente Propia)	112
Figura 94. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera B. (Fuente Propia).....	113
Figura 95. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera B. (Fuente Propia).....	114
Figura 96. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la Ladrillera B. (fuente propia).	115
Figura 97. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la Ladrillera B. (fuente propia).	116

Figura 98. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la Ladrillera B. (fuente propia).	116
Figura 99. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera B. (Fuente Propia).....	117
Figura 100. Alabeo en superficies de extraídas de Ladrillera B. (Fuente propia).....	119
Figura 101. Alabeo en bordes de muestras extraídas de Ladrillera B. (Fuente propia) ..	120
Figura 102. Dispersión de las mediciones de la masa de los ladrillos de arcilla de la Ladrillera C. (Fuente Propia)	121
Figura 103. Módulo de rotura de ladrillos extraídos de ladrillera C. (Fuente Propia). ...	122
Figura 104. Resistencia a compresión de ladrillos de uno estructural extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia)	123
Figura 105. Resistencia a compresión de ladrillos de uno no estructural extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia)	124
Figura 106. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera C. (Fuente Propia).....	125
Figura 107. Parámetros de absorción de los ladrillos de arcilla para uso no estructural de la ladrillera C. (Fuente Propia).....	126
Figura 108. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del ancho de las muestras extraídas de la Ladrillera C. (fuente propia).	128
Figura 109. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del alto de las muestras extraídas de la Ladrillera C. (fuente propia).	128
Figura 110. Tolerancia dimensional de las medidas promedio del largo de las muestras extraídas de la Ladrillera C. (fuente propia).	129

Figura 111. Variación dimensional de muestras extraídas de la fábrica Ladrillera C. (Fuente Propia).....	129
Figura 112. Alabeo en superficies de muestras extraídas de Ladrillera C. (Fuente propia).	131
Figura 113. Alabeo en bordes de muestras extraídas de Ladrillera C. (Fuente propia) ..	132
Figura 114. Promedios de módulos de rotura obtenido por las muestras de las ladrilleras ensayadas. (Fuente propia).....	134
Figura 115. Promedios de absorción obtenido por las muestras de las ladrilleras ensayadas. (Fuente propia).....	134
Figura 116. Resistencia a la compresión de cada muestra de ladrillo con perforación horizontal ensayado. (Fuente propia).....	137
Figura 117. Resistencia a la compresión de cada muestra de ladrillo de tipo macizo ensayado. (Fuente propia).....	138
Figura 118. Absorción de agua de cada muestra de ladrillo con perforación horizontal ensayado. (Fuente propia).	139
Figura 119. Resistencia a la compresión de cada muestra de ladrillo de tipo macizo ensayado. (Fuente propia).....	140
Figura 120 Nomenclatura utilizada para la identificación de los ladrillos de arcilla macizos y con perforación horizontal (Fuente Propia)	166
Figura 121 Fotografías del ensayo realizado para determinación de la masa de ladrillos tipo (PH), (a) Secado en hornos, (b) medición de la masa (Fuente Propia).....	166
Figura 122 Fotografías del ensayo realizado para determinación de la masa de ladrillos tipo (M), (a) Secado en hornos, (b) medición de la masa (Fuente Propia)	173

Figura 123 Fotografía del ensayo realizado de módulo de rotura para ladrillos tipo (PH) (Fuente Propia).....	179
Figura 124 Fotografía del ensayo realizado de módulo de rotura para ladrillos tipo (M) (Fuente Propia).....	183
Figura 125 Fotografía de ladrillos de arcilla tipo PH (a) refrendado de ladrillos, (b) ensayo de resistencia a la compresión (Fuente Propia)	186
Figura 126 Fotografía de ladrillos de arcilla tipo M (a) refrendado de ladrillos, (b) ensayo de resistencia a la compresión (Fuente Propia).....	191
Figura 127 Fotografías del ensayo realizado de absorción para ladrillos tipo (PH), (a) medición de la masa seca, (b) medición de la masa saturada (Fuente Propia)	195
Figura 128 Fotografías del ensayo realizado de absorción para ladrillos tipo (M), (a) medición de la masa seca, (b) medición de la masa saturada (Fuente Propia)	200
Figura 129 Fotografías del ensayo realizado de medición dimensional para ladrillos tipo (PH), (a) medición del ancho, (b) medición del alto, (c) medición del largo (Fuente Propia). ..	204
Figura 130 Fotografías del ensayo realizado de medición dimensional para ladrillos tipo (M), (a) medición del ancho, (b) medición del alto, (c) medición del largo (Fuente Propia).....	214
Figura 131 Fotografías del ensayo realizado de alabeo para ladrillos tipo (PH), (a) alabeo del ancho, (b) alabeo del alto, (c) alabeo del largo (Fuente Propia)	222
Figura 132 Fotografías del ensayo realizado de alabeo para ladrillos tipo (M), (a) alabeo del ancho, (b) alabeo del alto, (c) alabeo del largo (Fuente Propia)	231

Lista de figuras

Ecuación 1. Fórmula del módulo de rotura. (NTC-4017, 2005)	40
Ecuación 2 Resistencia a la compresión (NTC-4017, 2005)	42
Ecuación 3 Porcentaje de absorción con aproximación del 0.1% (NTC-4017, 2005).....	43
Ecuación 4. Tolerancia dimensional para ladrillos de arcilla. (NTC-4205, 2000).....	45

Capítulo 8. Anexos

8.1. Identificación de muestras

Tabla 28.

Nomenclatura utilizada para la identificación de los ladrillos de arcilla

<i>Nomenclatura</i>	<i>Tipo de ladrillo</i>
MA	Ladrillo Macizo de Ladrillera A
MB	Ladrillo Macizo Ladrillera B
MC	Ladrillo Macizo Ladrillera C
PH-D	Ladrillo de Perforación Horizontal de Ladrillera D
PH-E	Ladrillo de Perforación Horizontal de Ladrillera E
PH-F	Ladrillo de Perforación Horizontal de Ladrillera F
PH-G	Ladrillo de Perforación Horizontal de Ladrillera G

Nota: Nomenclatura utilizada para identificar los ladrillos procedentes de cada ladrillera. (Fuente propia)



(a) Ladrillos macizos



(b) Ladrillos con perforación horizontal

Figura 120 Nomenclatura utilizada para la identificación de los ladrillos de arcilla macizos y con perforación horizontal (Fuente Propia)

8.2. Determinación de la masa

8.2.1. Ladrillos con perforación horizontal

8.2.1.1. Registro fotográfico



(a) Secado en hornos



(b) Medición de la Masa

Figura 121 Fotografías del ensayo realizado para determinación de la masa de ladrillos tipo (PH), (a) Secado en hornos, (b) medición de la masa (Fuente Propia)

8.2.1.2. Resultados obtenidos

8.2.1.2.1. Ladrillera D

Tabla 29.

Determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
1	3795	3793	-0.053	3793
2	3764	3763	-0.027	3763
3	3772	3772	0.000	3772
4	3870	3869	-0.026	3869
5	3896	3896	0.000	3896
6	3871	3870	-0.026	3870
7	3826	3825	-0.026	3825
8	3756	3755	-0.027	3755
9	3803	3802	-0.026	3802
10	3797	3795	-0.053	3795
11	3810	3808	-0.052	3808
12	3825	3824	-0.026	3824
13	3793	3789	-0.105	3789
14	3805	3804	-0.026	3804
15	3872	3869	-0.077	3869
16	3843	3842	-0.026	3842
17	3842	3839	-0.078	3839
18	3787	3786	-0.026	3786
19	3881	3878	-0.077	3878
20	3754	3753	-0.027	3753
21	3726	3723	-0.081	3723

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
22	3878	3876	-0.052	3876
23	3860	3856	-0.104	3856
24	3826	3825	-0.026	3825
25	3753	3750	-0.080	3750
26	3861	3861	0.000	3861
27	3844	3842	-0.052	3842
28	3863	3862	-0.026	3862
29	3754	3751	-0.080	3751
30	3833	3833	0.000	3833

Nota: Se presentan los resultados de la determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D.
(Fuente Propia).

8.2.1.2.2. Ladrillera E

Tabla 30.

Determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
1	3783	3782	-0.026	3782
2	3729	3727	-0.054	3727
3	3837	3835	-0.052	3835
4	3862	3862	0.000	3862
5	3841	3839	-0.052	3839
6	3864	3861	-0.078	3861
7	3860	3858	-0.052	3858
8	3775	3774	-0.026	3774
9	3864	3863	-0.026	3863
10	3754	3751	-0.080	3751

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
11	3880	3879	-0.026	3879
12	3845	3845	0.000	3845
13	3866	3864	-0.052	3864
14	3820	3816	-0.105	3816
15	3811	3808	-0.079	3808
16	3744	3741	-0.080	3741
17	3734	3733	-0.027	3733
18	3730	3728	-0.054	3728
19	3855	3851	-0.104	3851
20	3863	3860	-0.078	3860
21	3842	3839	-0.078	3839
22	3851	3849	-0.052	3849
23	3744	3742	-0.053	3742
24	3766	3763	-0.080	3763
25	3773	3771	-0.053	3771
26	3842	3841	-0.026	3841
27	3793	3791	-0.053	3791
28	3820	3819	-0.026	3819
29	3718	3716	-0.054	3716
30	3901	3900	-0.026	3900

Nota: Se presentan los resultados de la determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia).

8.2.1.2.3. Ladrillera F

Tabla 31.

Determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
1	3778	3776	-0.053	3776
2	3826	3825	-0.026	3825
3	3809	3806	-0.079	3806
4	3875	3871	-0.103	3871
5	3782	3780	-0.053	3780
6	3896	3893	-0.077	3893
7	3879	3876	-0.077	3876
8	3851	3850	-0.026	3850
9	3900	3898	-0.051	3898
10	3868	3867	-0.026	3867
11	3756	3754	-0.053	3754
12	3882	3879	-0.077	3879
13	3842	3840	-0.052	3840
14	3864	3863	-0.026	3863
15	3882	3882	0.000	3882
16	3818	3817	-0.026	3817
17	3754	3754	0.000	3754
18	3735	3733	-0.054	3733
19	3768	3765	-0.080	3765
20	3804	3802	-0.053	3802
21	3738	3735	-0.080	3735
22	3822	3820	-0.052	3820

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
23	3760	3757	-0.080	3757
24	3886	3882	-0.103	3882
25	3896	3894	-0.051	3894
26	3794	3790	-0.105	3790
27	3867	3865	-0.052	3865
28	3750	3746	-0.107	3746
29	3866	3866	0.000	3866
30	3895	3894	-0.026	3894

Nota: Se presentan los resultados de la determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera F. (Fuente Propia).

8.2.1.2.4. Ladrillera G

Tabla 32.

Determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
1	3827	3827	0.000	3827
2	3766	3764	-0.053	3764
3	3873	3872	-0.026	3872
4	3853	3853	0.000	3853
5	3743	3739	-0.107	3739
6	3849	3846	-0.078	3846
7	3756	3752	-0.106	3752
8	3719	3717	-0.054	3717
9	3900	3897	-0.077	3897
10	3721	3720	-0.027	3720
11	3837	3834	-0.078	3834

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
12	3857	3853	-0.104	3853
13	3735	3733	-0.054	3733
14	3721	3720	-0.027	3720
15	3757	3757	0.000	3757
16	3763	3761	-0.053	3761
17	3770	3767	-0.080	3767
18	3863	3862	-0.026	3862
19	3838	3835	-0.078	3835
20	3850	3847	-0.078	3847
21	3777	3777	0.000	3777
22	3767	3764	-0.080	3764
23	3815	3815	0.000	3815
24	3823	3821	-0.052	3821
25	3834	3833	-0.026	3833
26	3812	3810	-0.052	3810
27	3825	3822	-0.078	3822
28	3789	3787	-0.053	3787
29	3900	3899	-0.026	3899
30	3736	3734	-0.054	3734

Nota: Se presentan los resultados de la determinación de la masa de ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera G. (Fuente Propia).

8.2.2. Ladrillos macizos

8.2.2.1. Registro fotográfico



(a) Secado en hornos



(b) Medición de la Masa

Figura 122 Fotografías del ensayo realizado para determinación de la masa de ladrillos tipo (M), (a) Secado en hornos, (b) medición de la masa (Fuente Propia)

8.2.2.2. Resultados obtenidos

8.2.2.2.1. Ladrillera A

Tabla 33.

Determinación de la masa de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
1	3020	3017	-0.099	3017
2	3104	3102	-0.064	3102
3	3033	3032	-0.033	3032
4	3087	3086	-0.032	3086
5	3011	3009	-0.066	3009
6	3101	3099	-0.064	3099
7	3026	3023	-0.099	3023
8	3018	3017	-0.033	3017
9	3000	2998	-0.067	2998
10	3037	3034	-0.099	3034
11	3109	3105	-0.129	3105
12	2994	2992	-0.067	2992
13	3033	3030	-0.099	3030
14	3054	3051	-0.098	3051
15	3083	3079	-0.130	3079
16	3113	3112	-0.032	3112
17	3041	3041	0.000	3041
18	2983	2981	-0.067	2981
19	3041	3041	0.000	3041
20	3020	3019	-0.033	3019
21	3100	3097	-0.097	3097

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
22	3034	3032	-0.066	3032
23	2974	2972	-0.067	2972
24	3016	3013	-0.099	3013
25	3071	3070	-0.033	3070
26	3015	3015	0.000	3015
27	3029	3028	-0.033	3028
28	3058	3055	-0.098	3055
29	3101	3099	-0.064	3099
30	2993	2991	-0.067	2991

Nota: Se presentan los resultados de la determinación de la masa de ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia).

8.2.2.2.2. Ladrillera B

Tabla 34.

Determinación de la masa de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
1	2874	2872	-0.070	2872
2	2860	2858	-0.070	2858
3	2930	2930	0.000	2930
4	2912	2910	-0.069	2910
5	2878	2875	-0.104	2875
6	2959	2955	-0.135	2955
7	2903	2902	-0.034	2902
8	2898	2896	-0.069	2896
9	2774	2770	-0.144	2770
10	2962	2961	-0.034	2961

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
11	2939	2936	-0.102	2936
12	2962	2959	-0.101	2959
13	2910	2910	0.000	2910
14	2865	2863	-0.070	2863
15	2850	2846	-0.140	2846
16	2849	2847	-0.070	2847
17	2920	2919	-0.034	2919
18	2796	2793	-0.107	2793
19	2828	2828	0.000	2828
20	2917	2916	-0.034	2916
21	2944	2944	0.000	2944
22	2779	2778	-0.036	2778
23	2886	2885	-0.035	2885
24	2954	2952	-0.068	2952
25	2963	2960	-0.101	2960
26	2872	2870	-0.070	2870
27	2911	2910	-0.034	2910
28	2855	2852	-0.105	2852
29	2873	2871	-0.070	2871
30	2837	2837	0.000	2837

Nota: Se presentan los resultados de la determinación de la masa de ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera B. (Fuente Propia).

8.2.2.2.3. Ladrillera C

Tabla 35.

Determinación de la masa de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C

<i>Ud</i>	<i>Masa 1 (gr)</i>	<i>Masa 2 (gr)</i>	<i>% de perdida</i>	<i>Masa final (gr)</i>
1	3235	3234	-0.031	3234
2	3254	3254	0.000	3254
3	3273	3272	-0.031	3272
4	3185	3184	-0.031	3184
5	3283	3281	-0.061	3281
6	3176	3176	0.000	3176
7	3242	3238	-0.123	3238
8	3151	3148	-0.095	3148
9	3174	3172	-0.063	3172
10	3193	3192	-0.031	3192
11	3291	3287	-0.122	3287
12	3219	3215	-0.124	3215
13	3256	3253	-0.092	3253
14	3169	3168	-0.032	3168
15	3171	3168	-0.095	3168
16	3178	3176	-0.063	3176
17	3294	3290	-0.121	3290
18	3185	3184	-0.031	3184
19	3287	3287	0.000	3287
20	3257	3256	-0.031	3256
21	3181	3178	-0.094	3178
22	3247	3244	-0.092	3244

23	3274	3272	-0.061	3272
24	3129	3126	-0.096	3126
25	3221	3220	-0.031	3220
26	3161	3159	-0.063	3159
27	3241	3238	-0.093	3238
28	3217	3213	-0.124	3213
29	3136	3134	-0.064	3134
30	3185	3182	-0.094	3182

Nota: Se presentan los resultados de la determinación de la masa de ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia).

8.3. Módulo de rotura

8.3.1. Ladrillos con perforación horizontal

8.3.1.1. Registro fotográfico



Figura 123 Fotografía del ensayo realizado de módulo de rotura para ladrillos tipo (PH) (Fuente Propia)

8.3.1.2. Resultados obtenidos

8.3.1.2.1. Ladrillera D

Tabla 36.

Resultados de módulo de rotura de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D

<i>Ud</i>	<i>Carga (N)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Alto (mm)</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>L (mm)</i>	<i>X (mm)</i>	<i>MR (Pa)</i>
1	6020	197.0	98.3	294.8	269.8	20	1.091
2	6420	196.5	101.0	295.0	270.0	25	1.057
3	7020	196.5	99.8	295.3	270.3	29	1.143
4	6000	196.0	97.8	295.8	270.8	22	1.090
5	4980	198.0	97.5	296.5	271.5	14	0.966
6	6200	197.5	100.0	294.0	269.0	10	1.173
7	4920	196.0	98.5	295.0	270.0	10	0.970
8	6040	196.5	99.3	296.0	271.0	31	0.978
9	4950	196.8	101.0	295.8	270.8	20	0.854
10	6090	197.3	99.0	298.8	273.8	12	1.180

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de módulo de rotura de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera D. (Fuente Propia).

8.3.1.2.2. Ladrillera E

Tabla 37.

Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E

<i>Ud</i>	<i>Carga (N)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Alto (mm)</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>L (mm)</i>	<i>X (mm)</i>	<i>MR (Pa)</i>
1	5580	199.0	101.8	298.75	273.8	11	1.023
2	5590	202.3	96.3	296.00	271.0	31	0.935
3	7140	199.3	99.8	298.75	273.8	24	1.220
4	6870	198.3	97.8	293.25	268.3	13	1.318
5	8180	197.8	96.8	295.75	270.8	30	1.397

<i>Ud</i>	<i>Carga (N)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Alto (mm)</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>L (mm)</i>	<i>X (mm)</i>	<i>MR (Pa)</i>
6	6860	196.8	96.8	298.50	273.5	34	1.148
7	7510	199.3	102.3	295.75	270.8	22	1.226
8	7630	199.3	98.3	296.50	271.5	16	1.425
9	5970	196.3	101.8	295.25	270.3	35	0.883
10	7640	199.3	98.8	299.50	274.5	12	1.477

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de módulo de rotura de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia).

8.3.1.2.3. Ladrillera F

Tabla 38.

Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F

<i>Ud</i>	<i>Carga (N)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Alto (mm)</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>L (mm)</i>	<i>X (mm)</i>	<i>MR (Pa)</i>
1	6130	199.8	99.0	294.50	269.5	10	1.172
2	6130	197.3	98.3	296.00	271.0	24	1.077
3	5740	197.3	100.5	296.50	271.5	34	0.879
4	8160	198.8	98.8	298.25	273.3	16	1.524
5	5840	199.8	101.3	296.00	271.0	19	0.997
6	6620	197.0	100.0	297.50	272.5	8	1.293
7	7720	196.3	100.0	295.50	270.5	27	1.277
8	6990	196.3	99.5	296.75	271.8	9	1.369
9	7950	196.8	98.0	297.25	272.3	33	1.302
10	7450	198.5	98.0	295.25	270.3	18	1.373

Nota: Resultados del ensayo de módulo de rotura de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera F. (Fuente Propia).

8.3.1.2.4. Ladrillera G

Tabla 39.

Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G

<i>Ud</i>	<i>Carga (N)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Alto (mm)</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>L (mm)</i>	<i>X (mm)</i>	<i>MR (Pa)</i>
1	8140	195.8	96.5	295.0	270.0	18	1.567
2	8320	197.0	102.5	296.8	271.8	25	1.337
3	6620	196.5	97.8	297.5	272.5	31	1.113
4	8230	197.3	98.3	296.3	271.3	16	1.551
5	6740	198.5	99.8	296.5	271.5	28	1.103
6	7850	197.3	102.0	298.3	273.3	34	1.178
7	7280	197.0	98.5	297.0	272.0	24	1.280
8	5940	193.8	98.3	294.5	269.5	14	1.151
9	7230	194.0	96.8	298.8	273.8	34	1.229
10	7950	197.5	98.0	295.3	270.3	34	1.272

Nota: Resultados del ensayo de módulo de rotura de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera G (Fuente Propia).

8.3.2. Ladrillos macizos

8.3.2.1. Registro fotográfico



Figura 124 Fotografía del ensayo realizado de módulo de rotura para ladrillos tipo (M) (Fuente Propia)

8.3.2.2. Resultados obtenidos

8.3.2.2.1. Ladrillera A

Tabla 40.

Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A

<i>Ud</i>	<i>Carga (N)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Alto (mm)</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>L (mm)</i>	<i>X (mm)</i>	<i>MR (Pa)</i>
1	1620	119.3	70.75	245.75	220.8	20	0.736
2	1910	116.8	70.50	240.75	215.8	12	0.947
3	1570	118.3	68.50	244.75	219.8	23	0.737
4	2410	115.8	69.25	243.00	218.0	22	1.133
5	1180	118.0	69.25	241.25	216.3	22	0.539
6	1030	119.8	70.50	236.00	211.0	10	0.496
7	1690	119.8	67.50	241.75	216.8	29	0.738
8	1090	117.0	69.00	240.25	215.3	24	0.491
9	2580	117.0	70.25	247.50	222.5	10	1.357
10	970	116.8	67.75	242.50	217.5	17	0.498

Nota: Resultados del ensayo de módulo de rotura de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia).

8.3.2.2.2. Ladrillera B

Tabla 41.

Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B

<i>Ud</i>	<i>Carga (N)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Alto (mm)</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>L (mm)</i>	<i>X (mm)</i>	<i>MR (Pa)</i>
1	1480	119.5	64.8	259.8	234.8	31	0.765
2	2570	116.0	60.3	257.5	232.5	30	1.579
3	1850	123.8	61.3	262.5	237.5	30	1.061
4	2360	120.8	63.0	267.5	242.5	25	1.422
5	2280	116.5	64.0	263.8	238.8	25	1.353

<i>Ud</i>	<i>Carga (N)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Alto (mm)</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>L (mm)</i>	<i>X (mm)</i>	<i>MR (Pa)</i>
6	2280	123.0	61.0	262.3	237.3	19	1.489
7	1560	123.3	62.3	262.8	237.8	27	0.900
8	2090	121.3	61.3	263.0	238.0	29	1.241
9	1960	122.3	61.8	259.8	234.8	19	1.241
10	2280	119.3	63.0	261.5	236.5	29	1.290

Nota: Resultados del ensayo de módulo de rotura de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera B. (Fuente Propia).

8.3.2.2.3. Ladrillera C

Tabla 42.

Determinación de módulo de rotura de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C

<i>Ud</i>	<i>Carga (N)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Alto (mm)</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>L (mm)</i>	<i>X (mm)</i>	<i>MR (Pa)</i>
11	1280	131.50	69.75	265.50	240.5	30	0.542
12	1050	127.50	69.25	270.25	245.3	22	0.518
13	2090	126.75	70.75	267.75	242.8	32	0.883
14	2160	131.25	71.00	258.25	233.3	9	1.054
15	1530	129.50	70.75	264.50	239.5	10	0.777
16	2620	130.75	72.75	260.00	235.0	10	1.221
17	1030	132.00	72.75	263.00	238.0	11	0.478
18	1690	129.50	72.25	263.50	238.5	21	0.737
19	1820	131.00	73.75	261.00	236.0	9	0.835
20	2120	130.00	72.25	262.75	237.8	17	0.955

Nota: Resultados del ensayo de módulo de rotura de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia).

8.4. Resistencia a la compresión

8.4.1. Ladrillos con perforación horizontal

8.4.1.1. Registro fotográfico



(a) Refrendado de ladrillos



(b) Ensayo de resistencia a la compresión

Figura 125 Fotografía de ladrillos de arcilla tipo PH (a) refrendado de ladrillos, (b) ensayo de resistencia a la compresión (Fuente Propia)

8.4.1.2. Resultados obtenidos

8.4.1.2.1. Ladrillera D

Tabla 43.

Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D

					Cumplimiento NTC-4205	
<i>Ud</i>	<i>Carga N</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>C (MPa)</i>	<i>Uso estructural</i>	<i>Uso no estructural</i>
1	13680	10.13	29.48	4.497	Cumple	Cumple
2	9120	9.85	29.40	3.089	No cumple	Cumple
3	9970	10.13	29.40	3.286	No cumple	Cumple
4	9090	9.90	29.55	3.048	No cumple	Cumple
5	14200	10.15	29.30	4.684	Cumple	Cumple
\bar{x} Por cada 5 Uds				3.721	No cumple	Cumple
6	9820	10.18	29.73	3.185	No cumple	Cumple
7	13890	9.95	29.58	4.630	Cumple	Cumple
8	10990	9.95	29.50	3.673	Cumple	Cumple
9	13520	9.73	29.45	4.631	Cumple	Cumple
10	13000	10.03	29.65	4.290	Cumple	Cumple
\bar{x} Por cada 5 Uds				4.082	No cumple	Cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera D. (Fuente Propia).

8.4.1.2.2. Ladrillera E

Tabla 44.

Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E

<i>Ud</i>	<i>Carga N</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>C (MPa)</i>	<i>Cumplimiento NTC-4205</i>	
					<i>Uso estructural</i>	<i>Uso no estructural</i>
1	8980	9.73	29.40	3.081	No cumple	Cumple
2	12820	10.00	29.63	4.245	Cumple	Cumple
3	10740	9.83	29.68	3.614	Cumple	Cumple
4	9540	9.88	29.55	3.207	No cumple	Cumple
5	13720	9.90	29.68	4.581	Cumple	Cumple
\bar{x} Por cada 5 Uds				3.746	No cumple	Cumple
6	9230	9.50	29.25	3.259	No cumple	Cumple
7	11230	9.95	29.38	3.769	Cumple	Cumple
8	8910	10.03	29.45	2.961	No cumple	Cumple
9	10260	9.85	29.53	3.461	No cumple	Cumple
10	9510	9.85	29.55	3.205	No cumple	Cumple
\bar{x} Por cada 5 Uds				3.331	No cumple	Cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia).

8.4.1.2.3. Ladrillera F

Tabla 45.

Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera F

<i>Ud</i>	<i>Carga N</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>C (MPa)</i>	<i>Cumplimiento NTC-4205</i>	
					<i>Uso estructural</i>	<i>Uso no estructural</i>
1	8980	9.78	29.50	3.055	No cumple	Cumple
2	13900	9.78	29.30	4.761	Cumple	Cumple
3	11120	10.08	29.53	3.667	Cumple	Cumple
4	11090	9.95	29.53	3.703	Cumple	Cumple
5	11610	10.08	29.48	3.835	Cumple	Cumple
\bar{x} por cada 5 uds				3.804	No cumple	Cumple
6	13270	10.10	29.55	4.362	Cumple	Cumple
7	13650	9.85	29.38	4.628	Cumple	Cumple
8	10150	10.30	29.33	3.297	No cumple	Cumple
9	11440	10.08	29.78	3.741	Cumple	Cumple
10	9130	9.88	29.50	3.075	No cumple	Cumple
\bar{x} por cada 5 uds				3.820	No cumple	Cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera F. (Fuente Propia).

8.4.1.2.4. Ladrillera G

Tabla 46.

Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G

<i>Ud</i>	<i>Carga N</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>C (MPa)</i>	<i>Cumplimiento NTC-4205</i>	
					<i>Uso estructural</i>	<i>Uso no estructural</i>
1	9330	10.00	29.58	3.095	No cumple	Cumple
2	11740	10.15	29.55	3.840	Cumple	Cumple
3	8760	10.05	29.58	2.891	No cumple	Cumple
4	14090	9.98	29.75	4.658	Cumple	Cumple
5	11940	10.03	29.83	3.917	Cumple	Cumple
\bar{x} por cada 5 uds				3.680	No cumple	Cumple
6	10550	9.95	29.98	3.470	No cumple	Cumple
7	14010	10.10	29.40	4.628	Cumple	Cumple
8	13620	10.00	29.75	4.491	Cumple	Cumple
9	10180	9.88	30.05	3.365	No cumple	Cumple
10	10210	9.78	29.73	3.447	No cumple	Cumple
\bar{x} por cada 5 uds				3.880	No cumple	Cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera G. (Fuente Propia).

8.4.2. Ladrillos macizos

8.4.2.1. Registro fotográfico



(a) Refrendado de ladrillos



(b) Ensayo de resistencia a la compresión

Figura 126 Fotografía de ladrillos de arcilla tipo M (a) refrendado de ladrillos, (b) ensayo de resistencia a la compresión (Fuente Propia)

8.4.2.2. Resultados obtenidos

8.4.2.2.1. Ladrillera A

Tabla 47.

Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A

<i>Ud</i>	<i>Carga N</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>C (MPa)</i>	<i>Cumplimiento NTC-4205</i>	
					<i>Uso estructural</i>	<i>Uso no estructural</i>
1	27590	6.93	24.33	16.067	Cumple	Cumple
2	26970	6.80	24.23	16.061	Cumple	Cumple
3	25290	7.03	24.03	14.700	No cumple	Cumple
4	26290	6.83	24.15	15.647	Cumple	Cumple
5	23590	6.70	24.10	14.332	No cumple	Cumple
\bar{x} por cada 5 uds				15.362	No cumple	Cumple
6	28450	6.95	23.43	17.143	Cumple	Cumple
7	26760	6.90	24.35	15.625	Cumple	Cumple
8	23350	6.88	24.28	13.725	No cumple	Cumple
9	24640	6.75	23.93	14.968	No cumple	Cumple
10	28150	7.03	23.50	16.728	Cumple	Cumple
\bar{x} por cada 5 uds				15.638	No cumple	Cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia).

8.4.2.2.2. Ladrillera B

Tabla 48.

Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B

<i>Ud</i>	<i>Carga N</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>C (MPa)</i>	<i>Cumplimiento NTC-4205</i>	
					<i>Uso estructural</i>	<i>Uso no estructural</i>
1	28280	6.38	26.63	16.345	Cumple	Cumple
2	24550	6.13	26.28	14.965	No cumple	Cumple
3	23150	6.35	26.53	13.483	No cumple	Cumple
4	26130	6.38	25.83	15.570	Cumple	Cumple
5	25100	6.33	26.18	14.873	No cumple	Cumple
\bar{x} por cada 5 uds				15.047	No cumple	Cumple
6	26780	6.08	25.78	16.778	Cumple	Cumple
7	25130	6.30	26.60	14.711	No cumple	Cumple
8	29550	6.23	25.83	18.032	Cumple	Cumple
9	24680	6.28	26.05	14.811	No cumple	Cumple
10	28750	6.23	26.35	17.194	Cumple	Cumple
\bar{x} por cada 5 uds				16.305	No cumple	Cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera Artesanal La María. (Fuente Propia).

8.4.2.2.3. Ladrillera C

Tabla 49.

Determinación de resistencia a compresión de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C

<i>Ud</i>	<i>Carga N</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>C (MPa)</i>	<i>Cumplimiento NTC-4205</i>	
					<i>Uso estructural</i>	<i>Uso no estructural</i>
1	25210	6.90	26.23	13.667	No cumple	Cumple
2	25000	7.30	26.35	12.750	No cumple	Cumple
3	29420	7.33	26.13	15.082	Cumple	Cumple
4	28390	7.13	26.63	14.681	No cumple	Cumple
5	29180	7.18	26.13	15.271	Cumple	Cumple
\bar{x} por cada 5 uds				14.290	No cumple	Cumple
6	25020	6.95	26.18	13.492	No cumple	Cumple
7	29380	7.10	26.75	15.175	Cumple	Cumple
8	24950	7.18	26.13	13.058	No cumple	Cumple
9	27270	7.03	25.95	14.675	No cumple	Cumple
10	26930	7.00	25.88	14.586	No cumple	Cumple
\bar{x} por cada 5 uds				14.197	No cumple	Cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia).

8.5. Absorción de agua

8.5.1. Ladrillos con perforación horizontal

8.5.1.1. Registro fotográfico



(a) Masa del ladrillo seco



(b) Masa del ladrillo sat. superficialmente seco

Figura 127 Fotografías del ensayo realizado de absorción para ladrillos tipo (PH), (a) medición de la masa seca, (b) medición de la masa saturada (Fuente Propia).

8.5.1.2. Resultados obtenidos

8.5.1.2.1. Ladrillera D

Tabla 50.

Determinación de absorción de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D

<i>Ud</i>	<i>Ws (gr)</i>	<i>Wsss (gr)</i>	<i>% Abs</i>	<i>Cumplimiento NTC-4205</i>			
				<i>Uso estructural</i>		<i>Uso no estructural</i>	
				<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>	<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>
1	3793	4481	18.13	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
2	3763	4503	19.66	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
3	3772	4537	20.28	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
4	3869	4607	19.07	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
5	3896	4640	19.09	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} cada 5 uds			19.25	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
6	3870	4563	17.90	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
7	3825	4496	17.54	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
8	3755	4464	18.88	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
9	3802	4462	17.35	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
10	3795	4545	19.76	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} cada 5 uds			18.29	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo absorción de agua de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera D. (Fuente Propia).

8.5.1.2.2. Ladrillera E

Tabla 51.

Determinación de absorción de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E

<i>Cumplimiento NTC-4205</i>							
<i>Ud</i>	<i>Ws (gr)</i>	<i>Wsss (gr)</i>	<i>% Abs</i>	<i>Uso estructural</i>		<i>Uso no estructural</i>	
				<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>	<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>
1	3782	4432	17.18	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
2	3727	4485	20.33	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
3	3835	4556	18.80	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
4	3862	4525	17.16	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
5	3839	4582	19.35	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} Cada 5 uds			18.56	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
6	3861	4583	18.70	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
7	3858	4543	17.75	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
8	3774	4500	19.23	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
9	3863	4616	19.49	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
10	3751	4410	17.56	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} Cada 5 uds			18.55	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo absorción de agua de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia).

8.5.1.2.3. Ladrillera F

Tabla 52.

Determinación de absorción de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F

				<i>Cumplimiento NTC-4205</i>			
<i>Ud</i>	<i>Ms (gr)</i>	<i>Wsss (gr)</i>	<i>% Abs</i>	<i>Uso estructural</i>		<i>Uso no estructural</i>	
				<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>	<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>
1	3776	4501	19.20	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
2	3825	4525	18.30	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
3	3806	4553	19.62	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
4	3871	4573	18.13	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
5	3780	4461	18.01	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} Cada 5 uds			18.65	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
6	3893	4629	18.90	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
7	3876	4612	18.98	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
8	3850	4556	18.33	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
9	3898	4609	18.24	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
10	3867	4535	17.27	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} Cada 5 uds			18.34	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo absorción de agua de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera F. (Fuente Propia).

8.5.1.2.4. Ladrillera G

Tabla 53.

Determinación de absorción de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G

				<i>Cumplimiento NTC-4205</i>			
<i>Ud</i>	<i>Ws (gr)</i>	<i>Wsss (gr)</i>	<i>% Abs</i>	<i>Uso estructural</i>		<i>Uso no estructural</i>	
				<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>	<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>
1	3827	4532	18.42	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
2	3764	4415	17.29	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
3	3872	4611	19.08	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
4	3853	4607	19.56	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
5	3739	4464	19.39	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} cada 5 uds			18.75	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
6	3846	4597	19.52	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
7	3752	4444	18.44	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
8	3717	4422	18.96	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
9	3897	4598	17.98	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
10	3720	4453	19.70	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} cada 5 uds			18.92	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo absorción de agua de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera G. (Fuente Propia).

8.5.2. Ladrillos macizos

8.5.2.1. Registro fotográfico



(a) Masa del ladrillo seco



(c) Masa del ladrillo sat. superficialmente seco

Figura 128 Fotografías del ensayo realizado de absorción para ladrillos tipo (M), (a) medición de la masa seca, (b) medición de la masa saturada (Fuente Propia).

8.5.2.2. Resultados obtenidos

8.5.2.2.1. Ladrillera A

Tabla 54.

Determinación de absorción de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A

<i>Ud</i>	<i>Ws (gr)</i>	<i>Wsss (gr)</i>	<i>% Abs</i>	<i>Cumplimiento NTC-4205</i>			
				<i>Uso estructural</i>		<i>Uso no estructural</i>	
				<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>	<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>
1	3017	3528	16.93	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
2	3102	3582	15.47	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
3	3032	3571	17.77	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
4	3086	3583	16.10	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
5	3009	3580	18.97	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} cada 5 uds			17.05	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
6	3099	3634	17.26	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
7	3023	3597	18.98	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
8	3017	3599	19.29	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
9	2998	3574	19.21	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
10	3034	3581	18.02	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} cada 5 uds			18.55	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo absorción de agua de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia).

8.5.2.2.2. Ladrillera B

Tabla 55.

Determinación de absorción de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B

				<i>Cumplimiento NTC-4205</i>			
<i>Ud</i>	<i>Ws (gr)</i>	<i>Wsss (gr)</i>	<i>% Abs</i>	<i>Uso estructural</i>		<i>Uso no estructural</i>	
				<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>	<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>
1	2872	3390	18.03	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
2	2858	3427	19.90	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
3	2930	3404	16.17	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
4	2910	3436	18.07	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
5	2875	3428	19.23	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} cada 5 uds			18.28	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
6	2955	3396	14.92	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
7	2902	3446	18.74	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
8	2896	3411	17.78	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
9	2770	3391	22.41	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
10	2961	3324	12.25	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
\bar{x} cada 5 uds			17.22	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo absorción de agua de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera B. (Fuente Propia).

8.5.2.2.3. Ladrillera C

Tabla 56.

Determinación de absorción de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C

				<i>Cumplimiento NTC-4205</i>			
<i>Ud</i>	<i>Ws (gr)</i>	<i>Wsss (gr)</i>	<i>% Abs</i>	<i>Uso estructural</i>		<i>Uso no estructural</i>	
				<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>	<i>Uso interior</i>	<i>Uso exterior</i>
1	3234	3848	18.98	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
2	3254	3798	16.71	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
3	3272	3830	17.05	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
4	3184	3772	18.46	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
5	3281	3814	16.24	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} cada 5 uds			17.49	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
6	3176	3667	15.46	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
7	3238	3834	18.40	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
8	3148	3639	15.59	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
9	3172	3729	17.56	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
10	3192	3781	18.45	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
\bar{x} cada 5 uds			17.09	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo absorción de agua de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia).

8.6. Medición dimensional

8.6.1. Ladrillos con perforación horizontal

8.6.1.1. Registros fotográficos



(a) Ancho



(b) Alto



(c) Largo

Figura 129 Fotografías del ensayo realizado de medición dimensional para ladrillos tipo (PH), (a) medición del ancho, (b) medición del alto, (c) medición del largo (Fuente Propia).

8.6.1.2. Resultados obtenidos

8.6.1.2.1. Ladrillera D

Tabla 57.

Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
1	10.3	10.2	10.1	10.2	10.20	19.7	19.9	19.9	20.2	19.93	29.6	29.9	29.7	29.3	29.63	Cumple
2	9.7	10.4	10.1	10.1	10.08	20.1	19.4	20.2	19.7	19.85	29.2	29.4	30.0	29.6	29.55	No cumple
3	9.7	10.1	10.0	10.2	10.00	20.0	20.2	20.0	20.0	20.05	29.3	29.8	29.8	29.9	29.70	Cumple
4	10.0	9.7	9.6	9.9	9.80	19.8	19.7	19.8	20.0	19.83	29.3	29.1	30.0	29.4	29.45	No cumple
5	10.1	9.6	10.2	9.9	9.95	19.7	20.1	20.1	19.4	19.83	29.4	29.4	29.5	29.4	29.43	No cumple
6	10.1	9.7	10.2	10.4	10.10	19.5	20.2	20.1	19.7	19.88	29.4	29.9	29.8	29.3	29.60	Cumple
7	9.7	10.4	9.7	10.0	9.95	19.6	19.7	20.1	19.9	19.83	29.1	29.7	29.7	29.8	29.58	No cumple
8	10.4	10.0	9.6	9.7	9.93	19.8	19.6	19.6	20.1	19.78	29.3	29.3	29.7	29.8	29.53	No cumple
9	9.6	10.1	10.3	10.0	10.00	20.1	19.8	19.7	19.5	19.78	29.8	29.4	29.8	29.9	29.73	Cumple
10	10.3	10.3	9.9	10.4	10.23	19.6	19.5	19.6	19.8	19.63	29.6	29.4	29.6	29.2	29.45	No cumple
11	9.7	9.9	9.9	9.8	9.83	19.6	20.0	19.9	19.3	19.70	29.2	29.8	29.5	29.4	29.48	No cumple
12	9.8	10.1	10.4	10.1	10.10	19.9	19.5	19.4	19.8	19.65	29.2	29.7	29.4	29.7	29.50	No cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
13	9.7	10.3	9.7	10.2	9.98	19.6	19.5	19.5	20.0	19.65	29.3	29.6	29.8	29.4	29.53	No cumple
14	9.8	9.6	9.7	10.0	9.78	19.3	19.9	19.5	19.7	19.60	29.7	29.2	29.7	29.7	29.58	No cumple
15	9.6	10.2	9.6	9.6	9.75	19.5	20.2	19.3	20.2	19.80	29.6	29.8	29.3	29.9	29.65	Cumple
16	10.1	10.4	9.6	9.9	10.00	19.5	19.8	19.7	20.0	19.75	29.4	29.4	29.4	29.4	29.40	No cumple
17	9.6	10.0	9.9	9.9	9.85	19.5	19.5	19.3	20.1	19.60	29.5	29.8	29.6	29.1	29.50	No cumple
18	9.7	9.9	10.3	9.8	9.93	19.4	19.6	20.2	19.4	19.65	29.1	30.0	29.8	29.5	29.60	Cumple
19	10.1	10.3	9.8	10.2	10.10	20.1	19.4	19.5	19.7	19.68	29.1	29.7	29.8	29.7	29.58	No cumple
20	9.5	10.2	10.4	9.5	9.90	19.7	19.7	20.0	19.5	19.73	29.9	29.8	29.9	29.9	29.88	Cumple
21	9.8	10.1	10.3	10.3	10.13	20.1	20.0	19.6	20.1	19.95	29.2	29.7	29.3	29.7	29.48	No cumple
22	9.6	9.6	9.9	10.3	9.85	20.1	19.5	19.9	20.1	19.90	29.1	29.3	29.9	29.3	29.40	No cumple
23	10.4	10.0	9.8	10.3	10.13	19.9	20.2	19.8	19.5	19.85	29.5	29.2	29.8	29.1	29.40	No cumple
24	10.1	10.1	9.5	9.9	9.90	19.8	19.4	19.7	19.9	19.70	29.7	30.0	29.3	29.2	29.55	No cumple
25	9.8	10.4	10.1	10.3	10.15	20.1	19.9	20.1	19.5	19.90	29.2	29.6	29.1	29.3	29.30	No cumple
26	10.3	10.3	10.3	9.8	10.18	20.1	19.4	19.6	19.8	19.73	29.6	29.9	29.7	29.7	29.73	Cumple
27	10.1	10.3	9.7	9.7	9.95	19.8	19.7	19.8	20.0	19.83	29.9	29.4	29.6	29.4	29.58	No cumple
28	10.1	9.5	10.1	10.1	9.95	19.5	19.7	20.2	20.1	19.88	29.5	29.6	29.7	29.2	29.50	No cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
29	9.8	9.8	9.8	9.5	9.73	19.3	19.9	19.5	20.0	19.68	29.7	29.2	29.4	29.5	29.45	No cumple
30	10.2	10.3	9.8	9.8	10.03	19.9	19.9	19.4	19.8	19.75	29.8	30.0	29.3	29.5	29.65	Cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de la medición de dimensiones de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera D. (Fuente Propia).

8.6.1.2.2. Ladrillera E

Tabla 58.

Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
1	9.9	9.9	10.0	10.1	9.98	19.6	19.4	19.5	19.4	19.48	30.3	29.9	30.4	29.8	30.10	No cumple
2	9.7	9.8	10.2	10.1	9.95	19.7	20.0	20.1	19.6	19.85	29.4	29.8	29.5	29.3	29.50	No cumple
3	10.0	9.6	9.7	9.8	9.78	19.4	19.7	20.1	19.4	19.65	29.6	30.0	29.7	29.6	29.73	Cumple
4	9.8	9.7	10.1	9.8	9.85	19.9	19.5	19.7	19.6	19.68	29.1	29.3	30.3	29.1	29.45	No cumple
5	10.1	9.9	10.1	9.7	9.95	19.4	19.6	19.6	19.9	19.63	29.9	29.8	29.8	29.6	29.78	Cumple
6	9.7	10.2	9.8	9.9	9.90	19.6	20.4	20.5	19.7	20.05	29.3	29.6	30.4	29.5	29.70	Cumple
7	9.7	9.8	10.0	9.7	9.80	19.6	19.7	19.4	19.6	19.58	29.7	29.9	29.6	29.7	29.73	No cumple
8	9.6	9.9	9.6	10.1	9.80	19.3	20.1	19.6	19.5	19.63	29.1	29.3	30.3	29.1	29.45	No cumple
9	10.3	10.3	10.4	9.8	10.20	19.8	20.4	20.1	20.4	20.18	29.4	29.8	29.3	29.7	29.55	No cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
10	10.2	9.9	9.7	9.7	9.88	19.3	20.1	19.8	19.7	19.73	29.3	29.4	29.9	29.7	29.58	No cumple
11	10.4	10.2	9.9	10.2	10.18	20.1	19.4	20.1	20.0	19.90	29.8	29.8	30.3	29.6	29.88	Cumple
12	9.6	9.6	9.4	9.9	9.63	19.5	20.4	20.5	20.5	20.23	29.9	29.8	29.1	29.6	29.60	No cumple
13	10.1	9.9	9.8	10.1	9.98	19.8	19.8	20.0	20.1	19.93	30.3	29.6	30.4	29.2	29.88	Cumple
14	9.5	10.0	9.9	9.7	9.78	20.0	19.7	19.6	20.0	19.83	29.1	29.3	29.6	29.3	29.33	No cumple
15	9.7	9.5	9.4	10.1	9.68	19.4	20.0	19.5	20.2	19.78	29.7	29.3	29.4	29.9	29.58	No cumple
16	9.4	9.6	9.8	9.9	9.68	19.5	20.4	19.3	19.5	19.68	30.4	29.2	29.9	29.9	29.85	No cumple
17	10.3	10.3	10.2	10.1	10.23	19.4	19.9	20.4	20.0	19.93	29.3	29.9	29.7	29.4	29.58	No cumple
18	9.8	10.1	9.5	9.9	9.83	20.0	20.0	20.1	19.6	19.93	30.4	29.2	29.2	29.8	29.65	Cumple
19	10.4	10.1	10.4	9.8	10.18	19.3	20.1	19.8	19.3	19.63	29.3	30.0	29.2	29.6	29.53	No cumple
20	9.6	10.2	10.0	9.7	9.88	19.6	20.5	19.9	19.7	19.93	30.4	29.6	30.3	29.5	29.95	Cumple
21	10.0	9.7	9.4	9.8	9.73	20.2	19.6	19.7	19.9	19.85	29.2	29.4	29.6	29.4	29.40	No cumple
22	10.1	9.6	10.4	9.9	10.00	19.3	20.4	19.4	19.5	19.65	29.3	29.6	30.4	29.2	29.63	Cumple
23	9.4	10.2	10.0	9.7	9.83	20.0	19.7	19.5	19.4	19.65	29.7	29.9	30.0	29.1	29.68	Cumple
24	10.0	10.0	9.6	9.9	9.88	19.8	20.5	19.4	20.5	20.05	29.5	29.9	29.7	29.1	29.55	No cumple
25	9.7	9.8	10.3	9.8	9.90	19.7	20.2	19.7	20.1	19.93	30.0	29.4	29.8	29.5	29.68	Cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
26	9.4	9.7	9.4	9.5	9.50	20.0	19.5	19.6	19.4	19.63	29.5	29.1	29.2	29.2	29.25	No cumple
27	10.3	9.7	9.8	10.0	9.95	19.4	20.2	19.5	19.9	19.75	29.4	29.2	29.3	29.6	29.38	No cumple
28	10.2	9.8	9.9	10.2	10.03	19.8	19.6	19.7	20.1	19.80	29.2	29.5	29.4	29.7	29.45	No cumple
29	9.5	9.7	10.0	10.2	9.85	19.6	19.5	19.8	19.6	19.63	29.4	29.3	30.0	29.4	29.53	No cumple
30	10.2	9.5	9.8	9.9	9.85	19.9	20.2	19.7	19.8	19.90	29.8	29.7	29.3	29.4	29.55	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de la medición de dimensiones de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia).

8.6.1.2.3. Ladrillera F

Tabla 59.

Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
1	9.9	10.0	9.9	10.0	9.95	19.5	19.7	19.9	19.6	19.68	28.5	29.0	28.6	28.9	28.75	No cumple
2	9.7	9.8	9.8	10.3	9.90	20.1	20.0	20.1	19.7	19.98	29.6	29.4	29.4	29.4	29.45	No cumple
3	9.9	10.1	9.7	10.3	10.00	20.1	19.6	19.8	19.7	19.80	29.5	29.4	29.6	29.7	29.55	No cumple
4	10.0	10.2	9.9	9.9	10.00	19.7	19.3	20.0	19.7	19.68	30.0	29.4	29.3	29.8	29.63	Cumple
5	9.8	10.2	9.9	10.3	10.05	19.6	20.2	19.7	20.1	19.90	29.4	30.0	29.5	29.9	29.70	Cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
6	9.6	10.3	9.6	10.2	9.93	20.0	19.9	20.2	19.8	19.98	29.2	29.7	29.8	29.2	29.48	No cumple
7	9.8	10.1	10.1	9.6	9.90	19.5	20.1	19.5	19.7	19.70	29.7	29.3	29.2	29.2	29.35	No cumple
8	9.7	10.2	10.0	10.1	10.00	20.1	19.5	20.1	19.8	19.88	29.5	29.4	29.9	29.7	29.63	Cumple
9	10.1	9.8	10.1	10.2	10.05	20.0	19.9	19.4	19.8	19.78	29.2	29.3	30.0	30.0	29.63	Cumple
10	9.9	9.9	10.0	10.2	10.00	20.0	20.2	19.6	19.8	19.90	29.5	29.3	29.2	29.1	29.28	No cumple
11	9.8	10.4	9.6	9.8	9.90	20.1	19.9	20.0	19.9	19.98	29.7	29.4	29.2	29.5	29.45	No cumple
12	9.8	10.0	9.8	9.7	9.83	20.0	19.4	19.7	19.8	19.73	29.7	29.5	29.5	29.7	29.60	Cumple
13	10.2	9.8	10.2	10.0	10.05	19.3	19.6	20.1	19.9	19.73	29.8	29.5	29.7	29.6	29.65	Cumple
14	10.2	9.8	10.0	9.5	9.88	20.1	20.1	19.8	19.5	19.88	30.0	30.0	29.6	29.7	29.83	Cumple
15	10.3	10.2	9.8	10.2	10.13	19.9	19.9	20.0	20.1	19.98	29.7	29.3	29.9	29.5	29.60	Cumple
16	10.4	9.9	10.1	9.6	10.00	20.2	19.6	19.5	19.5	19.70	29.8	29.9	29.9	29.4	29.75	Cumple
17	10.1	10.3	9.9	9.7	10.00	20.0	19.6	19.4	19.5	19.63	29.3	29.4	29.7	29.8	29.55	No cumple
18	10.2	9.7	9.8	10.1	9.95	19.6	19.7	19.8	19.4	19.63	29.8	29.8	29.2	29.9	29.68	Cumple
19	10.0	9.8	9.8	9.6	9.80	20.0	19.3	20.0	19.4	19.68	29.9	29.9	29.7	29.4	29.73	Cumple
20	9.7	9.7	9.7	10.1	9.80	19.6	20.0	20.0	19.8	19.85	29.4	29.9	29.2	29.6	29.53	No cumple
21	9.6	9.7	9.9	9.9	9.78	20.1	19.4	19.5	19.6	19.65	29.3	29.7	29.7	29.3	29.50	No cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
22	9.6	9.8	10.0	9.7	9.78	19.8	19.5	19.4	19.4	19.53	29.2	29.6	29.3	29.1	29.30	No cumple
23	10.4	9.5	10.4	10.0	10.08	19.6	19.3	20.2	19.7	19.70	29.3	29.7	29.2	29.9	29.53	No cumple
24	9.6	10.4	10.0	9.8	9.95	19.5	19.8	19.6	19.8	19.68	29.6	29.7	29.5	29.3	29.53	No cumple
25	9.9	10.3	10.4	9.7	10.08	19.9	19.7	19.6	19.5	19.68	29.8	29.3	29.2	29.6	29.48	No cumple
26	10.2	10.1	10.3	9.8	10.10	19.9	20.1	19.6	20.1	19.93	29.6	29.2	29.5	29.9	29.55	No cumple
27	10.1	9.5	9.7	10.1	9.85	19.7	20.0	19.6	19.6	19.73	29.3	29.4	29.6	29.2	29.38	No cumple
28	10.3	10.2	10.3	10.4	10.30	20.1	20.0	20.1	19.9	20.03	29.1	29.7	29.1	29.4	29.33	No cumple
29	10.1	10.3	9.8	10.1	10.08	20.0	19.3	19.9	20.2	19.85	29.9	29.9	29.6	29.7	29.78	Cumple
30	10.2	10.1	9.7	9.5	9.88	20.1	20.1	19.6	19.4	19.80	29.9	29.3	29.3	29.5	29.50	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de la medición de dimensiones de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera F. (Fuente Propia).

8.6.1.2.4. Ladrillera G

Tabla 60.

Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
1	10.0	9.9	9.9	9.8	9.90	19.5	19.3	19.5	19.4	19.43	28.3	29.1	28.4	28.6	28.60	No cumple
2	9.8	10.0	9.8	10.1	9.93	19.4	19.3	19.4	19.3	19.35	28.7	29.1	28.6	28.9	28.83	No cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
3	10.3	10.1	9.9	10.2	10.13	19.5	19.6	19.9	19.4	19.60	29.6	29.7	29.2	30.0	29.63	Cumple
4	9.6	9.5	9.9	10.2	9.80	19.5	20.0	19.6	20.1	19.80	29.2	29.6	29.7	29.1	29.40	No cumple
5	9.7	10.1	9.9	10.2	9.98	19.2	19.7	19.2	19.4	19.38	29.8	29.4	29.9	30.0	29.78	No cumple
6	9.9	9.9	9.6	10.3	9.93	19.7	19.8	19.7	19.3	19.63	29.2	29.6	29.5	29.9	29.55	No cumple
7	9.8	10.3	9.6	9.8	9.88	19.2	20.0	19.8	19.2	19.55	29.3	29.4	29.9	30.5	29.78	No cumple
8	9.8	10.0	10.2	10.0	10.00	20.0	19.3	19.7	19.4	19.60	29.2	29.4	29.8	29.3	29.43	No cumple
9	10.2	10.3	10.1	9.5	10.03	19.6	19.3	19.7	19.4	19.50	29.5	30.4	29.7	29.2	29.70	No cumple
10	9.6	9.9	10.0	9.9	9.85	19.4	19.4	19.5	20.0	19.58	29.6	29.6	29.6	30.0	29.70	No cumple
11	9.6	9.7	9.6	9.7	9.65	19.8	19.5	19.7	19.3	19.58	29.9	29.6	29.4	29.1	29.50	No cumple
12	10.0	10.2	10.4	10.4	10.25	19.8	19.3	19.5	20.2	19.70	29.1	29.9	29.8	29.9	29.68	Cumple
13	10.1	9.5	9.5	10.0	9.78	20.0	19.4	20.0	19.2	19.65	29.2	30.4	29.4	30.0	29.75	Cumple
14	9.8	9.5	9.8	10.2	9.83	19.7	19.2	20.0	20.0	19.73	29.3	29.9	29.6	29.7	29.63	Cumple
15	9.7	9.6	10.3	10.3	9.98	19.2	20.1	20.2	19.9	19.85	29.8	29.7	29.4	29.7	29.65	Cumple
16	10.1	10.4	10.4	9.9	10.20	19.7	19.3	19.9	20.0	19.73	30.0	30.4	29.2	29.7	29.83	Cumple
17	9.6	10.3	9.8	9.7	9.85	20.0	19.7	19.5	19.6	19.70	29.8	29.2	29.8	30.0	29.70	Cumple
18	9.6	9.6	9.8	10.3	9.83	19.4	19.3	19.5	19.3	19.38	29.5	29.7	29.3	29.3	29.45	No cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
19	9.7	9.6	9.5	9.9	9.68	19.5	19.4	19.4	19.3	19.40	30.4	30.5	29.3	29.3	29.88	No cumple
20	9.5	10.1	10.0	9.6	9.80	19.8	19.2	19.9	20.1	19.75	29.5	29.1	29.8	29.7	29.53	No cumple
21	9.7	10.4	10.2	9.7	10.00	19.6	20.1	19.3	19.5	19.63	29.5	29.7	29.3	29.8	29.58	No cumple
22	10.3	10.2	9.9	10.2	10.15	19.9	19.3	19.6	20.1	19.73	29.7	29.2	29.5	29.8	29.55	No cumple
23	10.2	10.0	10.2	9.8	10.05	19.5	19.6	20.1	20.0	19.80	29.3	29.7	29.4	29.9	29.58	No cumple
24	9.7	10.2	10.0	10.0	9.98	19.3	19.6	19.5	19.6	19.50	29.3	30.5	29.8	29.4	29.75	No cumple
25	10.2	10.3	10.0	9.6	10.03	19.3	19.2	19.7	19.2	19.35	30.4	29.6	29.7	29.6	29.83	No cumple
26	10.0	9.6	9.9	10.3	9.95	20.1	19.8	19.3	19.6	19.70	30.4	29.6	30.5	29.4	29.98	Cumple
27	10.2	9.6	10.3	10.3	10.10	20.1	19.8	20.2	20.2	20.08	29.2	29.4	29.4	29.6	29.40	No cumple
28	9.9	10.1	10.1	9.9	10.00	20.1	20.0	20.1	19.8	20.00	29.3	29.8	30.5	29.4	29.75	Cumple
29	9.9	9.8	10.0	9.8	9.88	19.3	19.8	20.1	19.6	19.70	29.6	30.5	29.7	30.4	30.05	Cumple
30	10.3	9.5	9.6	9.7	9.78	20.1	19.4	19.6	20.0	19.78	29.8	29.7	29.8	29.6	29.73	Cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de la medición de dimensiones de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera G. (Fuente Propia).

8.6.2. Ladrillos macizos

8.6.2.1. Registros fotográficos



(a) Ancho



(b) Alto



(c) Largo

Figura 130 Fotografías del ensayo realizado de medición dimensional para ladrillos tipo (M), (a) medición del ancho, (b) medición del alto, (c) medición del largo (Fuente Propia)

8.6.2.2. Resultados obtenidos

8.6.2.2.1. Ladrillera A

Tabla 61.

Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
1	7.0	6.8	6.6	7.2	6.90	11.5	11.8	11.6	12.2	11.78	23.6	23.8	24.0	24.1	23.88	Cumple
2	6.7	7.3	6.8	7.2	7.00	11.4	12.2	11.6	12.1	11.83	24.6	24.4	24.4	23.4	24.20	Cumple
3	7.0	6.7	6.9	7.3	6.98	11.5	12.1	11.9	11.5	11.75	24.1	23.4	24.1	23.7	23.83	Cumple
4	6.9	6.7	6.8	7.1	6.88	12.0	11.8	11.6	12.2	11.90	24.5	23.4	24.8	23.8	24.13	Cumple
5	7.1	6.8	6.6	6.7	6.80	11.6	11.7	11.9	12.0	11.80	24.5	23.6	24.9	23.6	24.15	Cumple
6	7.2	6.9	6.9	7.1	7.03	11.5	11.5	11.8	12.1	11.73	24.9	23.8	24.4	24.5	24.40	Cumple
7	6.9	6.8	6.7	6.8	6.80	12.0	12.1	11.5	11.4	11.75	24.9	24.8	24.0	23.7	24.35	Cumple
8	7.1	6.9	7.1	6.9	7.00	11.9	12.0	12.0	11.8	11.93	23.9	23.6	23.7	24.5	23.93	Cumple
9	6.7	6.7	7.0	7.2	6.90	12.2	11.6	11.7	11.8	11.83	23.7	24.4	23.6	24.4	24.03	Cumple
10	6.8	6.7	7.0	6.9	6.85	11.8	11.8	12.2	12.1	11.98	24.0	24.2	24.4	24.0	24.15	Cumple
11	7.2	7.1	6.8	7.2	7.08	11.6	11.8	12.2	12.1	11.93	24.6	24.6	24.8	24.3	24.58	No cumple
12	7.0	7.1	6.8	7.3	7.05	11.5	11.7	11.7	11.8	11.68	23.3	23.6	24.8	24.6	24.08	No cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
13	6.8	6.7	7.2	6.7	6.85	11.4	12.0	12.1	11.8	11.83	23.5	25.0	24.6	24.8	24.48	No cumple
14	7.1	6.8	6.7	7.1	6.93	11.5	11.8	11.4	11.6	11.58	25.0	23.7	24.4	24.1	24.30	No cumple
15	7.1	6.7	7.1	6.8	6.93	11.7	11.5	12.0	12.0	11.80	23.7	24.1	24.1	24.6	24.13	Cumple
16	6.9	6.9	7.2	7.2	7.05	12.1	12.0	12.0	11.8	11.98	23.7	23.4	23.9	23.4	23.60	Cumple
17	7.0	6.7	6.6	6.7	6.75	12.0	11.9	12.1	11.9	11.98	24.7	24.7	23.9	23.4	24.18	No cumple
18	6.7	7.0	6.8	7.1	6.90	11.5	12.1	11.5	11.7	11.70	24.7	23.8	23.6	24.0	24.03	Cumple
19	7.3	7.2	7.0	6.6	7.03	12.0	11.8	11.4	11.6	11.70	25.0	24.5	25.0	24.5	24.75	No cumple
20	6.9	6.7	6.7	6.8	6.78	11.7	11.5	12.1	11.4	11.68	23.9	24.6	23.9	24.6	24.25	No cumple
21	7.2	6.7	7.0	6.8	6.93	11.5	11.8	11.9	11.6	11.70	24.7	24.6	23.9	24.1	24.33	Cumple
22	6.7	6.7	7.2	6.6	6.80	12.1	11.9	11.7	11.7	11.85	24.3	24.1	24.6	23.9	24.23	Cumple
23	6.9	7.2	7.1	6.9	7.03	11.8	12.0	12.0	11.6	11.85	23.5	23.5	24.3	24.8	24.03	Cumple
24	6.6	7.0	6.7	7.0	6.83	11.8	11.7	11.5	11.6	11.65	24.9	24.3	23.6	23.8	24.15	No cumple
25	6.8	6.7	6.7	6.6	6.70	11.8	11.5	11.4	11.9	11.65	24.7	23.8	23.3	24.6	24.10	No cumple
26	6.6	7.2	7.0	7.0	6.95	12.0	11.6	11.8	11.8	11.80	23.4	23.4	23.4	23.5	23.43	No cumple
27	6.9	6.9	6.6	7.2	6.90	12.2	11.9	11.7	12.1	11.98	24.1	25.0	23.5	24.8	24.35	Cumple
28	6.9	6.8	7.2	6.6	6.88	11.7	11.8	11.7	12.1	11.83	23.9	24.8	24.1	24.3	24.28	Cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
29	6.6	6.9	6.9	6.6	6.75	11.8	12.0	11.6	12.0	11.85	23.3	23.7	24.8	23.9	23.93	No cumple
30	6.8	7.1	7.1	7.1	7.03	12.0	12.1	11.3	11.5	11.73	23.7	23.3	23.8	23.2	23.50	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de la medición de dimensiones de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia).

8.6.2.2.2. Ladrillera B

Tabla 62.

Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
1	6.6	6.3	6.5	6.2	6.40	12.8	12.7	12.9	11.6	12.50	26.2	25.7	25.2	26.2	25.83	No cumple
2	6.0	6.3	6.6	6.5	6.35	12.3	11.6	11.4	12.7	12.00	26.0	25.4	26.7	26.2	26.08	No cumple
3	6.4	6.1	6.6	5.8	6.23	12.3	12.5	11.8	12.4	12.25	25.8	25.6	25.3	27.0	25.93	No cumple
4	6.7	6.2	6.2	6.6	6.43	11.5	12.1	12.4	12.2	12.05	25.5	26.8	25.6	25.6	25.88	No cumple
5	6.0	6.1	6.6	5.9	6.15	11.7	12.7	11.6	12.0	12.00	26.5	26.3	25.2	27.0	26.25	Cumple
6	5.9	6.1	6.1	6.5	6.15	12.1	12.2	11.7	12.5	12.13	25.3	26.3	26.1	26.2	25.98	Cumple
7	6.4	6.3	6.7	6.6	6.50	12.9	11.4	12.7	12.3	12.33	25.1	26.1	26.3	25.0	25.63	No cumple
8	6.4	6.2	6.5	6.3	6.35	12.0	11.9	12.2	12.6	12.18	25.3	26.1	25.8	26.2	25.85	No cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
9	6.1	6.7	6.5	6.6	6.48	12.6	12.7	11.2	12.2	12.18	26.7	25.8	27.0	26.6	26.53	No cumple
10	6.1	6.5	6.3	6.5	6.35	12.2	12.1	11.7	11.4	11.85	26.0	25.8	25.3	25.6	25.68	No cumple
11	6.2	6.6	6.6	6.5	6.48	11.7	11.7	11.9	12.5	11.95	25.5	26.9	25.7	25.8	25.98	No cumple
12	6.3	5.9	6.0	5.9	6.03	11.7	11.7	11.8	11.2	11.60	25.9	25.6	25.0	26.5	25.75	No cumple
13	6.3	6.0	6.3	5.9	6.13	12.2	12.4	12.5	12.4	12.38	26.7	25.0	26.3	27.0	26.25	No cumple
14	6.3	5.9	6.3	6.7	6.30	12.5	11.6	11.4	12.8	12.08	26.5	26.8	26.8	26.9	26.75	No cumple
15	6.1	6.6	6.7	6.2	6.40	12.8	11.4	11.2	11.2	11.65	26.7	25.5	27.1	26.2	26.38	No cumple
16	6.1	6.0	5.9	6.4	6.10	12.9	12.4	12.3	11.6	12.30	26.6	25.5	26.0	26.8	26.23	Cumple
17	6.7	6.2	5.9	6.1	6.23	12.1	12.6	12.1	12.5	12.33	26.9	26.4	26.1	25.7	26.28	No cumple
18	6.2	5.8	6.2	6.3	6.13	11.3	12.8	11.7	12.7	12.13	26.7	26.2	25.3	27.0	26.30	Cumple
19	5.9	6.6	6.3	5.9	6.18	11.9	12.8	12.7	11.5	12.23	26.0	26.7	25.3	25.9	25.98	Cumple
20	6.6	6.1	5.9	6.6	6.30	11.5	12.8	12.1	11.3	11.93	25.2	26.2	26.7	26.5	26.15	No cumple
21	6.5	6.1	6.6	6.3	6.38	12.5	11.4	12.4	11.4	11.93	27.0	26.3	26.2	27.0	26.63	No cumple
22	6.1	5.8	6.1	6.5	6.13	12.8	11.4	12.4	11.2	11.95	26.2	26.7	26.8	25.4	26.28	Cumple
23	6.4	6.5	6.3	6.2	6.35	12.7	12.3	11.4	12.7	12.28	26.6	27.0	26.8	25.7	26.53	No cumple
24	6.4	6.3	6.2	6.6	6.38	11.9	12.2	12.2	12.3	12.15	25.7	25.1	26.9	25.6	25.83	No cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
25	6.3	6.3	6.5	6.2	6.33	11.8	12.8	12.2	11.4	12.05	26.2	25.7	27.1	25.7	26.18	No cumple
26	5.9	5.8	6.1	6.5	6.08	12.6	12.7	12.8	12.1	12.55	26.4	25.7	25.9	25.1	25.78	No cumple
27	6.1	5.9	6.5	6.7	6.30	11.3	12.4	12.4	12.5	12.15	26.0	26.8	26.8	26.8	26.60	No cumple
28	6.4	6.0	6.1	6.4	6.23	11.8	12.9	12.8	11.3	12.20	25.6	25.2	25.5	27.0	25.83	No cumple
29	6.0	6.2	6.4	6.5	6.28	11.5	12.7	12.0	12.5	12.18	26.3	26.1	25.1	26.7	26.05	No cumple
30	6.1	6.1	6.1	6.6	6.23	11.9	12.3	12.6	12.2	12.25	25.3	27.0	26.3	26.8	26.35	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de la medición de dimensiones de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera B. (Fuente Propia).

8.6.2.2.3. Ladrillera C

Tabla 63.

Determinación de dimensiones de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
1	7.1	6.7	6.8	6.8	6.85	13.3	13.4	13.5	13.6	13.45	25.6	26.5	26.0	27.2	26.33	No cumple
2	7.3	6.7	7.4	7.0	7.10	13.0	12.8	13.6	12.6	13.00	26.7	26.2	26.7	26.4	26.50	Cumple
3	6.9	6.9	7.0	6.8	6.90	13.4	13.1	13.2	12.8	13.13	26.9	27.0	26.5	25.9	26.58	Cumple
4	6.9	6.9	7.1	7.0	6.98	12.6	13.3	12.9	12.5	12.83	26.8	27.0	26.2	26.4	26.60	Cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
5	6.9	7.1	6.9	7.1	7.00	13.0	12.5	13.4	13.4	13.08	25.8	26.1	27.1	26.9	26.48	Cumple
6	6.9	6.8	7.0	6.8	6.88	12.9	13.3	13.2	13.4	13.20	26.2	25.6	26.4	26.6	26.20	Cumple
7	7.0	6.8	7.0	7.4	7.05	13.7	12.3	12.9	13.2	13.03	25.4	26.5	26.1	25.6	25.90	No cumple
8	6.8	7.0	6.7	7.4	6.98	13.8	12.3	13.1	12.6	12.95	27.1	25.7	26.8	26.9	26.63	Cumple
9	7.1	7.4	7.3	7.0	7.20	13.7	13.0	13.3	12.4	13.10	26.8	26.3	26.4	26.1	26.40	Cumple
10	7.0	6.7	7.5	7.2	7.10	13.6	13.4	12.6	12.4	13.00	27.2	27.1	26.1	26.1	26.63	Cumple
11	7.0	7.0	6.7	7.2	6.98	13.0	13.3	12.9	13.4	13.15	26.4	26.7	26.3	26.8	26.55	Cumple
12	6.7	7.2	6.8	7.0	6.93	13.3	12.9	12.5	12.3	12.75	27.2	26.4	27.2	27.3	27.03	No cumple
13	6.9	7.3	6.8	7.3	7.08	12.9	12.4	13.0	12.4	12.68	27.1	27.1	25.8	27.1	26.78	No cumple
14	7.5	7.1	6.8	7.0	7.10	13.7	13.7	12.4	12.7	13.13	26.5	25.4	25.6	25.8	25.83	No cumple
15	6.8	7.3	7.2	7.0	7.08	13.7	12.3	12.9	12.9	12.95	27.1	27.2	25.9	25.6	26.45	Cumple
16	7.2	7.3	7.1	7.5	7.28	12.5	13.3	13.7	12.8	13.08	25.6	25.4	27.2	25.8	26.00	No cumple
17	7.4	6.9	7.4	7.4	7.28	12.7	13.4	13.7	13.0	13.20	27.0	26.2	25.4	26.6	26.30	No cumple
18	7.5	6.9	7.2	7.3	7.23	12.7	13.3	12.8	13.0	12.95	26.3	25.4	27.2	26.5	26.35	No cumple
19	7.3	7.4	7.4	7.4	7.38	13.7	13.0	13.4	12.3	13.10	25.6	26.4	26.4	26.0	26.10	No cumple
20	7.4	7.0	7.4	7.1	7.23	13.0	13.1	12.3	13.6	13.00	26.6	26.4	26.6	25.5	26.28	No cumple

<i>Ud</i>	<i>Ancho (cm)</i>					<i>Alto (cm)</i>					<i>Largo (cm)</i>					<i>NTC-4205</i>
	<i>A 1</i>	<i>A 2</i>	<i>A 3</i>	<i>A 4</i>	\bar{X}	<i>H 1</i>	<i>H 2</i>	<i>H 3</i>	<i>H 4</i>	\bar{X}	<i>L 1</i>	<i>L 2</i>	<i>L 3</i>	<i>L 4</i>	\bar{X}	
21	7.4	6.7	6.8	6.7	6.90	13.1	12.8	13.3	12.4	12.90	27.0	25.7	26.7	25.5	26.23	Cumple
22	6.8	7.5	7.4	7.5	7.30	13.2	13.4	13.0	12.9	13.13	27.2	26.1	26.5	25.6	26.35	No cumple
23	7.4	7.5	7.4	7.0	7.33	13.7	12.5	13.7	13.7	13.40	26.7	25.4	26.8	25.6	26.13	No cumple
24	7.1	7.4	7.2	6.8	7.13	12.9	13.3	13.3	13.6	13.28	26.6	26.9	26.0	27.0	26.63	Cumple
25	6.8	7.3	7.4	7.2	7.18	13.0	13.5	12.5	13.4	13.10	26.2	26.1	26.5	25.7	26.13	Cumple
26	6.9	7.0	7.1	6.8	6.95	13.3	13.2	12.6	13.0	13.03	26.2	25.8	25.8	26.9	26.18	Cumple
27	7.1	7.2	7.3	6.8	7.10	13.0	12.9	13.6	12.9	13.10	26.7	27.2	26.1	27.0	26.75	Cumple
28	7.3	6.7	7.5	7.2	7.18	12.8	12.3	13.4	13.1	12.90	26.0	25.6	26.5	26.4	26.13	Cumple
29	7.5	6.9	6.8	6.9	7.03	12.6	12.6	13.3	12.5	12.75	26.0	25.9	26.0	25.9	25.95	No cumple
30	6.7	6.7	7.2	7.4	7.00	13.6	12.9	13.6	12.8	13.23	26.0	25.3	25.5	26.7	25.88	No cumple

Nota: Se presentan los resultados del ensayo de la medición de dimensiones de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia).

8.7. Medición de alabeo

8.7.1. Ladrillos con perforación horizontal

8.7.1.1. Registro fotográfico



(a) Sección 1 (ancho x alto)



(b) Sección 2 (ancho x largo)



(c) Sección 3 (alto x largo)

Figura 131 Fotografías del ensayo realizado de alabeo para ladrillos tipo (PH), (a) alabeo del ancho, (b) alabeo del alto, (c) alabeo del largo (Fuente Propia)

8.7.1.2. Resultados obtenidos

8.7.1.2.1. Ladrillera D

Tabla 64.

Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D

Alabeo en superficies (mm)														NTC-4205
Ud	Sección (10cm X 20cm)				Sección (10cm X 30cm)				Sección (20cm X 30cm)					
	Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2			
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo		
1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	3	Cumple	
2	3	0	0	2	1	0	0	3	1	0	2	0	No cumple	
3	0	3	4	0	3	0	0	1	0	2	0	2	No cumple	
4	3	0	1	0	0	1	0	2	3	0	1	0	No cumple	
5	1	0	0	1	0	4	3	0	2	0	0	4	No cumple	
6	0	2	2	0	0	2	3	0	0	3	0	2	Cumple	
7	1	0	0	2	3	0	0	3	0	2	0	4	No cumple	
8	1	0	0	1	0	1	0	4	0	1	3	0	No cumple	
9	0	3	2	0	4	0	1	0	1	0	1	0	No cumple	
10	2	0	0	1	1	0	0	2	0	2	0	2	Cumple	

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en superficies de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera D. (Fuente Propia).

Tabla 65.

Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera D

Alabeo en bordes (mm)													
Ud	Sección (10cm)				Sección (20cm)				Sección (30cm)				NTC-4205
	Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	0	2	0	3	0	4	0	1	3	0	1	0	No cumple
2	3	0	0	3	3	0	3	0	0	2	3	0	No cumple
3	0	2	3	1	3	0	0	2	2	0	0	2	No cumple
4	0	3	1	0	0	3	1	0	2	0	0	3	No cumple
5	3	0	0	2	0	3	3	0	0	3	2	0	No cumple
6	4	0	2	0	3	0	0	1	0	2	0	1	No cumple
7	0	2	0	4	0	2	2	0	2	0	3	0	No cumple
8	1	0	3	0	1	0	2	0	0	4	0	4	No cumple
9	0	3	2	0	1	0	0	1	2	0	3	0	No cumple
10	0	3	0	3	0	4	0	3	1	0	0	1	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en bordes de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera D. (Fuente Propia).

8.7.1.2.2. Ladrillera E

Tabla 66.

Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E (Fuente Propia)

Alabeo en superficies (mm)													
Ud	Sección (10cm X 20cm)				Sección (10cm X 30cm)				Sección (20cm X 30cm)				NTC-4205
	Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	1	0	0	2	0	2	0	2	0	3	0	1	CUMPLE
2	0	1	3	0	3	0	2	0	1	0	1	0	NO CUMPLE
3	1	0	0	1	1	0	3	0	0	2	0	2	CUMPLE
4	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	2	0	CUMPLE
5	0	3	1	0	3	0	3	0	2	0	0	2	NO CUMPLE
6	0	1	2	0	3	0	0	2	3	0	0	2	CUMPLE
7	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	1	0	CUMPLE
8	3	0	0	1	0	3	0	2	0	2	0	3	NO CUMPLE
9	0	1	3	0	3	0	2	0	3	0	1	0	NO CUMPLE
10	0	2	0	1	0	1	0	3	0	2	0	1	CUMPLE

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en superficies de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia).

Tabla 67.

Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera E

Alabeo en bordes (mm)													
Ud	Sección (10cm)				Sección (20cm)				Sección (30cm)				NTC-4205
	Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	Cumple
2	2	0	0	2	0	1	1	0	0	2	0	2	No cumple
3	0	2	0	2	0	1	0	3	1	0	0	2	No cumple
4	3	0	2	0	1	0	0	1	0	2	1	0	No cumple
5	1	0	2	0	0	2	1	0	0	2	2	0	No cumple
6	1	0	4	0	3	0	0	2	0	1	2	0	No cumple
7	0	3	0	3	3	0	1	0	3	0	0	2	No cumple
8	2	0	0	2	0	4	0	2	0	1	1	0	No cumple
9	2	0	0	1	1	0	1	0	2	0	3	0	No cumple
10	3	0	3	0	0	1	0	1	0	1	0	2	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en bordes de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera E. (Fuente Propia).

8.7.1.2.3. Ladrillera F

Tabla 68.

Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F

Alabeo en superficies (mm)													
Ud	Sección (10cm X 20cm)				Sección (10cm X 30cm)				Sección (20cm X 30cm)				NTC-4205
	Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	0	3	2	0	0	2	0	1	0	3	0	3	No cumple
2	3	0	0	3	0	1	0	3	0	2	3	0	No cumple
3	0	1	0	3	0	2	1	0	0	2	0	2	No cumple
4	1	0	1	0	1	0	0	2	3	0	0	3	Cumple
5	2	0	2	0	2	0	1	0	2	0	1	0	Cumple
6	0	1	0	2	0	3	0	3	0	2	0	3	Cumple
7	2	0	0	3	0	2	1	0	2	0	1	0	No cumple
8	0	3	1	0	0	1	0	2	0	2	0	2	No cumple
9	1	0	0	3	2	0	2	0	1	0	0	1	No cumple
10	0	4	0	2	0	3	0	3	0	3	1	0	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en superficies de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera y San José. (Fuente Propia).

Tabla 69.

Determinación de alabeo en Bordes de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera F

Alabeo en bordes (mm)													
Ud	Sección (10cm)				Sección (20cm)				Sección (30cm)				NTC-4205
	Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	0	3	1	0	0	4	3	0	0	3	0	2	No cumple
2	3	0	1	0	2	0	0	3	3	0	3	0	No cumple
3	0	3	0	3	1	0	2	0	0	1	0	4	No cumple
4	2	0	3	0	0	2	2	0	1	0	2	0	No cumple
5	0	1	3	0	1	0	2	0	0	2	0	1	No cumple
6	0	1	3	0	0	2	0	2	0	3	0	1	No cumple
7	2	0	0	4	0	4	1	0	1	0	2	0	No cumple
8	0	2	0	1	3	0	3	0	0	3	0	3	No cumple
9	3	0	1	0	0	3	0	2	2	0	0	1	No cumple
10	0	1	0	1	3	0	0	2	0	2	2	0	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en bordes de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera y San José. (Fuente Propia).

8.7.1.2.4. Ladrillera G

Tabla 70.

Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G

Alabeo en superficies (mm)													
Ud	Sección (10cmX 20cm)				Sección (10cm X 30cm)				Sección (20cm X 30cm)				NTC-4205
	Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	0	1	2	0	0	1	0	1	0	2	0	2	Cumple
2	2	0	0	3	2	0	0	1	3	0	1	0	No cumple
3	0	1	2	0	0	1	0	3	3	0	2	0	Cumple
4	0	1	0	3	1	0	1	0	0	2	0	1	No cumple
5	1	0	0	3	3	0	0	2	3	0	2	0	No cumple
6	1	0	1	0	0	3	1	0	0	4	0	3	No cumple
7	1	0	2	0	4	0	1	0	2	0	0	3	No cumple
8	0	1	0	3	0	3	0	2	0	3	2	0	No cumple
9	2	0	3	0	1	0	2	0	1	0	0	3	No cumple
10	0	4	0	3	2	0	0	3	1	0	1	0	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en superficies de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera G. (Fuente Propia).

Tabla 71.

Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (PH) extraídos de ladrillera G

Alabeo en bordes (mm)													
Ud	Sección (10cm)				Sección (20cm)				Sección (30cm)				NTC-4205
	Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	2	0	0	2	0	1	0	2	0	4	0	2	No cumple
2	0	3	0	4	0	3	1	0	0	2	0	3	No cumple
3	0	2	0	4	1	0	0	3	3	0	2	0	No cumple
4	3	0	2	0	0	4	2	0	0	4	3	0	No cumple
5	3	0	2	0	3	0	1	0	0	2	0	2	No cumple
6	0	3	3	0	0	3	0	2	0	2	2	0	No cumple
7	3	0	0	2	1	0	0	3	1	0	0	2	No cumple
8	0	1	2	0	2	0	4	0	0	3	0	2	No cumple
9	0	3	0	1	0	3	1	0	3	0	2	0	No cumple
10	3	0	0	5	0	3	3	0	0	1	3	0	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en bordes de los ladrillos tipo (PH) extraídos de Ladrillera G. (Fuente Propia).

8.7.2. Ladrillos macizos

8.7.2.1. Registro fotográfico



(a) Sección 1 (ancho x alto)



(b) Sección 2 (ancho x largo)



(c) Sección 3 (alto x largo)

Figura 132 Fotografías del ensayo realizado de alabeo para ladrillos tipo (M), (a) alabeo del ancho, (b) alabeo del alto, (c) alabeo del largo (Fuente

Propia)

8.7.2.2. Resultados obtenidos

8.7.2.2.1. Ladrillera A

Tabla 72.

Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A

Alabeo en superficies (mm)													
Ud	Sección (7cm x 12cm)				Sección (7cm x 24cm)				Sección (12cm x 24cm)				NTC-4205
	Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	0	2	1	0	3	0	3	0	2	0	0	4	No cumple
2	1	0	0	1	0	2	0	2	0	2	0	2	Cumple
3	0	2	0	2	3	0	2	0	0	3	3	0	No cumple
4	0	2	1	0	0	3	0	2	4	0	0	2	No cumple
5	3	0	5	0	0	1	4	0	0	1	0	1	No cumple
6	2	0	0	3	0	3	0	1	2	0	2	0	No cumple
7	3	0	0	2	1	0	2	0	0	2	0	1	No cumple
8	0	3	2	0	3	0	3	0	5	0	3	0	No cumple
9	1	0	0	1	1	0	0	3	0	1	0	1	No cumple
10	4	0	0	3	0	4	4	0	1	0	3	0	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en superficies de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia).

Tabla 73.

Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera A

Alabeo en bordes (mm)													
Ud	Sección (7cm)				Sección (12cm)				Sección (24cm)				NTC-4205
	Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	0	2	0	1	0	1	2	0	0	1	1	0	No cumple
2	2	0	1	0	2	0	0	1	0	3	0	2	No cumple
3	0	3	3	0	0	2	3	0	5	0	1	0	No cumple
4	1	0	0	1	0	1	2	0	2	0	1	0	No cumple
5	2	0	0	1	2	0	0	1	0	2	0	1	No cumple
6	0	3	3	0	4	0	4	0	1	0	0	4	No cumple
7	1	0	0	2	0	4	0	4	0	2	3	0	No cumple
8	0	3	4	0	3	0	0	3	3	0	2	0	No cumple
9	0	2	3	0	2	0	2	0	0	1	0	2	No cumple
10	0	3	0	4	3	0	0	2	3	0	1	0	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en bordes de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera A. (Fuente Propia).

8.7.2.2.2. Ladrillera B

Tabla 74.

Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B

Alabeo en superficies (mm)													
Ud	Sección (6cm x 12cm)				Sección (6cm x 26cm)				Sección (12am x 26cm)				NTC-4205
	Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	0	3	3	0	0	1	3	0	0	2	0	1	No cumple
2	0	1	0	3	1	0	0	2	3	0	3	0	No cumple
3	2	0	0	1	2	0	0	1	0	1	0	3	No cumple
4	0	1	1	0	0	2	4	0	2	0	3	0	No cumple
5	3	0	0	1	1	0	0	4	3	0	3	0	No cumple
6	0	1	2	0	0	1	0	1	0	2	0	3	No cumple
7	4	0	1	0	1	0	0	3	2	0	0	3	No cumple
8	0	2	0	3	0	2	3	0	0	3	0	1	No cumple
9	0	2	1	0	3	0	0	1	0	2	3	0	No cumple
10	0	4	0	4	2	0	0	1	1	0	0	2	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en superficies de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera B. (Fuente Propia).

Tabla 75.

Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera B

Alabeo en bordes (mm)													
Ud	Sección (6cm)				Sección (12cm)				Sección (26cm)				NTC-4205
	Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	0	2	3	0	0	1	0	2	0	2	4	0	No cumple
2	2	0	0	4	1	0	2	0	1	0	2	0	No cumple
3	0	2	0	1	0	2	0	2	3	0	0	3	No cumple
4	3	0	2	0	2	0	3	0	0	1	1	0	No cumple
5	2	0	3	0	0	2	0	2	2	0	1	0	No cumple
6	0	1	0	3	0	3	0	3	2	0	0	3	No cumple
7	0	5	2	0	3	0	0	3	0	4	3	0	No cumple
8	0	3	0	3	3	0	3	0	0	1	3	0	No cumple
9	0	2	1	0	0	3	3	0	1	0	1	0	No cumple
10	2	0	1	0	3	0	0	3	0	3	0	2	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en bordes de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera B. (Fuente Propia).

8.7.2.2.3. Ladrillera C

Tabla 76.

Determinación de alabeo en superficies de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C

Alabeo en superficies (mm)														NTC-4205
Ud	Sección (7cm x 13cm)				Sección (7cm x 26.5cm)				Sección (13cm x 26.5cm)					
	Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2		Superficie 1		Superficie 2			
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo		
1	0	3	0	1	0	1	0	2	0	2	1	0	No cumple	
2	2	0	1	0	2	0	4	0	1	0	0	1	No cumple	
3	2	0	3	0	0	1	1	0	1	0	2	0	No cumple	
4	0	3	0	1	1	0	0	3	0	2	0	4	No cumple	
5	3	0	0	2	0	3	2	0	1	0	3	0	No cumple	
6	0	2	3	0	3	0	0	2	2	0	2	0	No cumple	
7	0	3	3	0	0	2	2	0	0	3	0	3	No cumple	
8	1	0	0	2	0	3	0	2	1	0	2	0	No cumple	
9	0	3	0	1	2	0	1	0	0	2	0	3	No cumple	
10	1	0	0	2	0	3	4	0	3	0	3	0	No cumple	

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en superficies de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia).

Tabla 77.

Determinación de alabeo en bordes de ladrillos tipo (M) extraídos de ladrillera C

Alabeo en bordes (mm)													
Ud	Sección (7cm)				Sección (13cm)				Sección (26.5cm)				NTC-4205
	Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		Borde 1		Borde 2		
	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	C/cavo	C/vexo	
1	1	0	1	0	0	3	1	0	4	0	0	1	No cumple
2	0	2	0	1	2	0	0	1	0	3	0	3	No cumple
3	2	0	1	0	3	0	2	0	3	0	2	0	No cumple
4	2	0	3	0	0	3	1	0	0	2	0	2	No cumple
5	0	3	0	4	1	0	3	0	2	0	0	2	No cumple
6	3	0	0	3	0	3	2	0	0	4	3	0	No cumple
7	0	1	2	0	0	1	0	3	2	0	0	3	No cumple
8	0	3	0	2	1	0	0	3	2	0	2	0	No cumple
9	3	0	0	2	0	1	2	0	0	2	0	1	No cumple
10	1	0	3	0	2	0	0	5	2	0	0	3	No cumple

Nota: Resultados del ensayo de la medición de alabeo en bordes de los ladrillos tipo (M) extraídos de Ladrillera C. (Fuente Propia).

8.8. Presupuesto.

Para el desarrollo de la presente investigación, fue necesario la compra de diferentes materiales y elementos que permitieran desarrollar los ensayos indicados en el cuerpo del documento. Dichos costos se relacionan en la Tabla 78 mostrada a continuación:

Tabla 78.

Presupuesto general del proyecto

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor Unitario (cop)</i>	<i>Valor Total (cop)</i>
Ladrillo tipo PH Ladrillera D	ud	40	\$ 1,250.00	\$ 50,000.00
Ladrillo tipo PH Ladrillera E	ud	40	\$ 1,350.00	\$ 54,000.00
Ladrillo tipo PH Ladrillera F	ud	40	\$ 1,200.00	\$ 48,000.00
Ladrillo tipo PH Ladrillera G	ud	40	\$ 1,300.00	\$ 52,000.00
Ladrillo tipo M Ladrillera A	ud	40	\$ 650.00	\$ 26,000.00
Ladrillo tipo M Ladrillera B	ud	40	\$ 700.00	\$ 28,000.00
Ladrillo tipo M Ladrillera C	ud	40	\$ 700.00	\$ 28,000.00
Transporte: Cartago, Valle del Cauca - Calarcá, Quindío	ud	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00
Impermeabilizante Para Ladrillo Pintuland	ud	1	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00
Yeso Corona Alta Resistencia 25Kg	ud	1	\$ 37,900.00	\$ 37,900.00
Pie de Rey Metálico Doble Escala	ud	1	\$ 25,500.00	\$ 25,500.00
Escuadra	ud	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor Unitario (cop)</i>	<i>Valor Total (cop)</i>
Regla	ud	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Total				\$ 588,900.00

Nota: Se presentan los costos en pesos colombianos de los diferentes materiales utilizados para realizar la presente investigación.